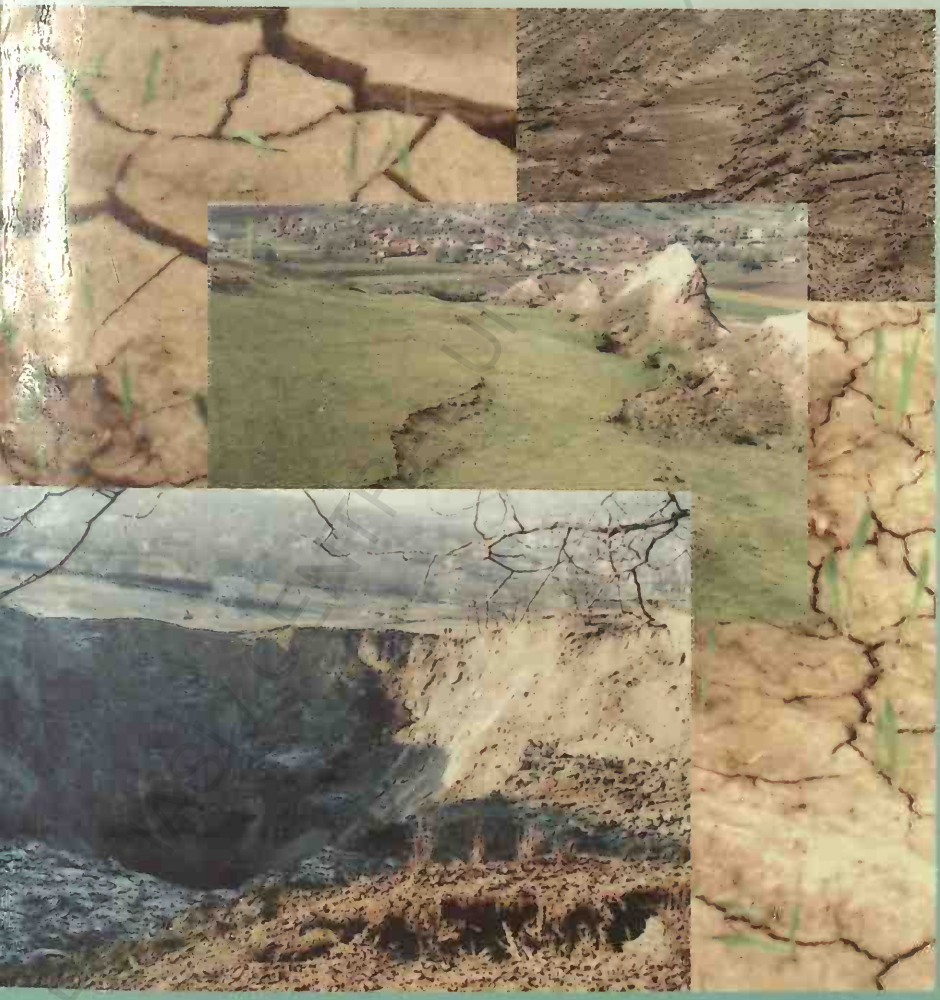
GEOGRAFIA
TERENURILOR DEGRADATE

II 13.242

Virgil Surdeanu

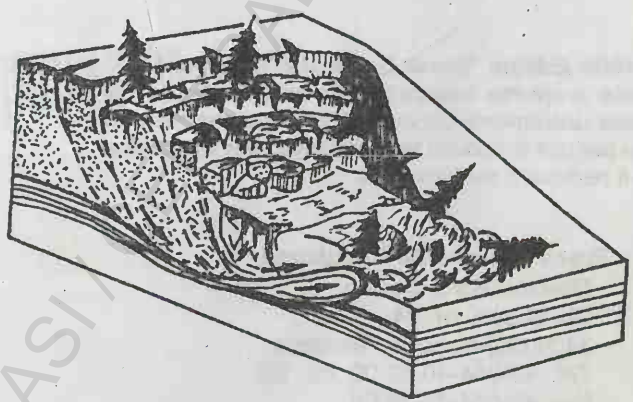


PRESA UNIVERSITARĂ CLUJEANĂ

Virgil Surdeanu

Geografia terenurilor degradate

I. Alunecări de teren



BCU IASI ... AL UNIVERSITY LIBRARY

Virgil Surdeanu

Geografia terenurilor degradate

Tehnoredactare:
Virgil Surdeanu
Alina Vesa

Coperta:
Daniel Moga

Foto:
Liviu Floca
Liviu Buzilă

Cartografi:
Dan Pipirigeanu
Angela Marc

© 1998 Editura "Presa Universitară Clujeană"
Toate drepturile asupra acestei ediții aparțin Editurii Presa Universitară Clujeană. Reproducerea integrală sau parțială a textului sau imaginilor este interzisă și va fi pedepsită conform legii.

Presa Universitară Clujeană
Director: Horia Cosma
Gh. Bilașcu nr. 24
3400 Cluj-Napoca, România
Tel.: 40-064-40.53.00, int. 167
Fax: 40-064-19.19.06

I.S.B.N. 973-9354-65-3

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Virgil Surdeanu

Geografia terenurilor degradate

I. Alunecări de teren

071700
B.C.U. - IASI

PRESA UNIVERSITARĂ CLUJEANĂ
CLUJ - NAPOCA
1998

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

18. 08. 1999
B. C. U. „M. EMINESCU" IAŞI
GEOLOGIE-GEOGRAFIE
Acu: 55.777

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CUPRINS

INTRODUCERE 9

1. PROCESE DE MISCARE IN MASĂ 15
1.1. Definiție, terminologie, conținut 15

2. ALUNECĂRI DE TEREN 25
2.1. Definiții, terminologie 25

3. CAUZELE ALUNECĂRILOR DE TEREN 33
3.1. Cauzele naturale 36
3.1.1. Relieful preexistent 37
3.1.2. Litologia sustratului 40
3.1.3. Formațiunile superficiale 42
3.1.4. Mișcările verticale ale scoarței și cutremurele 55
3.1 5. Cauze climatice, cu privire specială asupra precipitațiilor 59
3.1.6. Acțiunea fizico-mecanică a apelor de suprafață și a celor subterane 66
3.1.7. Efectul vegetației asupra stabilității versanților 68
3.1.8. Descărcarea naturală prin reacții în lanț. Continuitatea procesului de alunecare pe versanți 71
3. 2. Cauze antropice 74
3.2.1. Evoluția suprafețelor cu păduri 75

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

3.2.2. Evoluția suprafețelor construite 77
3.2.3. Deplasarea vetrelor de sat 78
3.2.4. Modificarea pantei versanților 80
3.2.5. Vibrații datorate traficului și exploziilor 80
3.2.6. Prezența cuvetelor lacustre 82

4. METODE SI PROCEDEE FOLOSITE IN CERCETAREA ALUNECARILOR DE TEREN 85
4.1. Cercetări de teren 85
4.1.1. Cartografierea și eșantionarea arealelor 86
4.1.2. Măsurători topometrice 93
4.1.3. Măsurători înclinometrice 98
4.1.4. Măsurători pe repere încastrate în ziduri 102
4.1.5. Foraje. Descrierea lor. Prelevări de probe 104
4.1.6. Măsurători asupra precipitațiilor. Evaluarea rezervei de apă din zăpadă 105
4.2. Cercetări de laborator 106
4.2.1. Analize fizice asupra deluviilor 106
4.2.2. Evaluarea cantitativă a volumului de deluvii 109

5. ELEMENTELE UNEI ALUNECARI DE TEREN CA VARIABILE MORFO-METRICE ALE SUBSISTEMULUI. CORELATII INTRE VARIABILE 115
5.1. Sistemul geomorfologic al alunecărilor de teren 115
5.1.1. Sistemul morfologic 124
5.1.2. Sistemul cascadă 127
5.1.3. Sistemul proces - răspuns 128
5.2. Definire și măsurarea variabilelor în teren 130

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

6. DINAMICA ALUNECARILOR DE TEREN 135
6.1. Dinamica alunecărilor superficiale 138
6.2. Dinamica alunecărilor de profunzime medie 139
6.3. Dinamica alunecărilor profunde 139
6.4. Rata denudației prin alunecări de teren și modificarea profilului versanților 146

7. SUPRAFAȚĂ DE ALUNECARE / PLAN DE ALUNECARE 153

8. VARSTA ALUNECĂRILOR DE TEREN. TENDINȚE ACTUALE DE EVOLUȚIE A VERSANȚILOR CU ALUNECĂRI 157
8.1. Vârsta deluviilor și formelor de alunecare 157
8.2. Continuitate și ciclicitate în procesul de alunecare 160
8.3. Tendințe actuale în dinamica alunecărilor de teren 162

9. LOCUL ALUNECĂRILOR IN MODELAREA CONTEMPORANĂ 165

10. TIPOLOGIA ALUNECARILOR 173
10.1. Alunecări active și potențiale în raport cu diferite condiții de apariție 173

11. ALUNECĂRILE DIN ZONELE DE ȚĂRM ALE LACURILOR 195

12. MORFOLOGIA ZONELOR DE DESPRINDERE ȘI A MARTORILOR DE REZISTENȚĂ 203

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

13. PREVENIREA ȘI COMBATEREA ALUNECĂRILOR DE TEREN 207

14. RĂSPANDIREA ALUNECĂRILOR DE TEREN ÎN ROMANIA..... 231

15. SUMMARY..... 235

16. LIST OF FIGURES..... 239

17. CONTENTS 245

15. BIBLIOGRAFIE 249

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

INTRODUCERE

Intitulat ***Geografia terenurilor degradate*** tratatul de față, din care propunem doar prima parte, pare că se poate substitui noțiunilor cunoscute de la alte discipline și, în mod special, de la Geomorfologie (fie că se numește generală, aplicată, climatică, dinamică și experimentală) sau de la Geografia solurilor. Dacă la disciplinele respective se caută o explicație științifică a triadei morfogenetice/pedogenetice, agent - proces - formă/sol, în cadrul cursului de Geografia terenurilor degradate vom încerca, pe lângă aspectele enumerate mai sus, să întregim informațiiile căpătate cu altele vizând mecanismele de desfășurare a lor, a metodelor folosite în studiul acestora și, implicit, acțiunile care se întreprind spre o prevenire și combatere a efectelor lor dăunătoare.

Plecând de la latinescul *gradus* - degradare și termenul italian *digradazione*, cel mai adesea s-a înțeles, relativ la terenuri, scăderea continuă și insensibilă a calității solului/suprafeței terestre. Dacă ne oprim numai la scăderea calitativă și cantitativă a cuverturii de sol, atunci termenul de degradare ar avera un sens geografic limitativ, deși cu implicații economice considerabile și, din păcate, uneori chiar social politice.

Această transformare, care se produce la suprafața scoarței terestre, trebuie înțeleasă, având ca punct de plecare o stare de echilibru morfodinamic, atins într-o anumită regiune și într-o etapă de timp. Cuantumul de forțe care acționează asupra acestei faze de stare, materializat în agenții modelatori, care pun în mișcare procesele, conduce la o nouă fază de stare, care la rândul ei va da alte dimensiuni schimbărilor ulterioare. Abordată în acest mod și în sens

B.C.U. „MIHEMINESCU" IAȘI
GEOLOGIE GEOGRAFIE
BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

istoric, putem spune că, problema degradării terenurilor, poate fi tratată ca o succesiune de stări, în care solul, ca suport al biosferei, va suporta, în timp, cele mai mari transformări, sub influenta atmosferei, hidrosferei și biosferei.

Intr-o manieră agronomică, degradarea terenurilor, poate fi înțeleasă ca o pierdere sau, în cel mai fericit caz, ca o micșorare a fertilității solului, indiferent de procesele puse în mișcare de agenți. Problema devine neclară atunci când în atenție intră procesele care merg mult mai în profunzime, depășind cuvertura de sol sau cele car se produc în imediata lui vecinătate (poluarea aerului și apelor, încălzirea climatului, etc.).

Abordată în mod unilateral, fără a se încerca o corelare între diversele procese care se derulează la suprafața scoarței terestre și în imediata ei vecinătate, problema degradării terenurilor va căpăta un sens scolastic, cu puțini sorți de izbândă, în celelalte aspecte legate de ea. De asemenea, în cazul în care omul este privit doar ca simplu "beneficiar" al acestui proces complex, al degradării terenurilor și nu și ca un "agent", problema pleacă spre o rezolvare univocă, în care una dintre soluții, cea mai puțin costisitoare, ***prevenirea***, este eliminată.

Omul începe să fie considerat, în prezent, ca un agent principal al degradării, chiar dacă acțiunile întreprinse de el au vizat, în timp istoric, crearea unor situații, de conjunctură, favorabile unei ascensiuni în viața economică. Unor stări de fapt li s-au pus la timp opreliști, altora nu, astfel încât astăzi se vorbește frecvent de o eroziune accelerată, la care se mai adaugă, sau nu, atributul de naturală.

Tot mai des s-au exprimat păreri care pun în balanță unele "beneficii" economice imediate, cu efecte negative privind gospodărirea unor terenuri pe termen lung. De multe ori rațiunea a învins. De multe ori însă avantajele imediate au primat, astfel încât, o serie de națiuni se zbat între mizerie, foamete și alternativa unei exploatări raționale a resurselor. Plecandu-se de la

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

o abordare integratoare, nu trebuie să neglijăm nici acțiunea morfogenetică a unor procese care sunt favorizate de intervenția, uneori brutală, a omului în starea geosistemelor, știut fiind că tranzitul de masă și energie, cât și stocajele care sunt cerute, se află mereu, în timp, într-o vremelnică aparență de echilibru. In argumentarea acestei idei putem lua în considerare relația care devine tot mai evidentă, pe un anumit palier al dezvoltării societății, dintre perturbările survenite în evoluția geosistemelor și explozia economică și demografică.

Folosința agricolă îndelungată a unor suprafețe terestre, numai prin prelucrarea solului, cât și a folosirii unor tehnologii inadecvate, s-a soldat cu compactare, salinizarea, înmlăștinirea, cu distrugerea parțială sau totală a orizontului de sol și a suportului acestuia (cuvertura de depozite pe care s-a derulat, timp de milenii, procesul de solificare).

Practic, în momentul de față, eforturile depuse la nivel mondial, de a se reintegra în circuitul productiv a unor astfel de suprafețe se situează cu mult sub nivelul celor care părăsesc această folosință. Scăderea necontrolată a terenurilor care sunt fertile conduce spre dezastre economice și demografice. Astfel, este citat în literatura de specialitate, faptul că eroziunea solului și torențialitatea fac să se piardă anual 3,8-58,0 miliarde tone sol din suprafața agricolă și silvică, ceea ce ar reveni la o eroziune specifică de 134 tone/km^2 la nivelul Terrei. In Europa situația este mai puțin dramatică, ea fiind de 70 tone/km^2. Râurile din rețeaua mondială, cu o turbiditate medie de 360 gr/m^3, depun anual în bazinele acvatice, lacustre sau marine, 40 milioane tone de materii fertilizante (fosfor substanță activă). Pentru a ne edifica asupra dimensiunilor acestei degradări, la care asistăm uneori nepăsători, trebuie să subliniem că, îndepărtarea unui cm grosime sol de pe un hectar este echivalentul a 130 tone, din care 3 tone sunt humus.

BCU "CAROL I" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

După o ploaie de 15 mm, frecventă și la noi în perioada caldă, particulele de sol, spălate sau transportate în disoluție, ar putea, în condițiile unor amenajări speciale, ridica producția cu 100 kg/ha.

Estimările F.A.O. (la nivelel deceniului al IX-lea), arată că, anual au fost scoase din sfera productivă 5-7 milioane ha teren agricol prin procese de degradare, prin creștarea toxicității chimice, a salinizării și urbanizării. Se estimează, de către aceeași organizație, că în mileniul al treilea pierderile pot crește la 100-140 milioane ha, ceea ce înseamnă aproape toată suprafața ce poate fi redată agriculturii mondiale.

Tot pentru aceeași perioadă, se estimează că în România eroziunea totală cauzată de degradările de teren reprezintă 126 milioane tone, din care doar 35% erau tranzitate spre M. Neagră. In rândul proceselor care concură la acest buget aluvionar se apreciază că un rol hotărâtor, îl au eroziunea exercitată de apă și procesele de mișcare în masă.

Tara noastră, în care 65% din suprafață este condiționată de orogenul carpatic și unde 2/3 din terenuri sunt situate în pantă, oferă condiții optime degradărilor, dacă exploatarea lor se face irațional. Istoria ne-a oferit exemple concludente în acest sens. Despăduririle efectuate au condus la extinderea terenurilor degradate, la accelerarea ritmului degradărilor atât în spațiu montan, în cel subcarpatic, mai ales, dar și-n ariile de podiș și chiar câmpii.

Substratul litologic, pe care, în timp, sub acțiunea agenților externi, s-a format o cuvertură de depozite superficiale, cu grosimi variabile, este alcătuit în mare parte (câmpii, dealuri) din roci slab coezive ce oferă agenților, în acțiunea lor, un "câmp fragil". Insăși climatul, prin elementale sale, concură la "dezvoltarea" într-un ritm accelerat a unor procese erozivo-denudaționale. De asemenea, deși punem un accent deosebit pe rolul moderator pe care-l joacă, în desfășurarea în timp și spațiu, vegetația, asistăm neputincioși la degradarea continuă a ei. Reducerea îngrijorătoare a spațiului forestier, extinderea suprafețelor cu fânețe și pășune, a dus, ca la mijlocul secolului nostru, să se

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

înregistreze, ca terenuri degradate, în spațiul agricol și silvic, aproximativ 1 milion de ha. Toate eforturile depuse până în prezent, fac ca această suprafață să rămână relativ constantă. Demersurile întreprinse, derulate pe regiuni relativ extinse (zone subcarpatice și de podiș, dar și de câmpie), s-au efectuat totuși areal, fără o abordare globală, la nivelul întregului teritoriu. Multe din soluțiile alese au avut, din rațiuni economice, un efect paleativ și nu de eradicare totală.

Iată de ce, în demersul nostru, credem că studiul terenurilor degradate trebuie făcut sub imperiul a două motivații majore. In primul rând trebuie plecat de la cunoaștarea proceselor care concură la degradare, a cauzelor care duc la declanșarea lor, a ritmului și frecvenței de apariție și, implicit, la efectele lor directe și indirecte. Abordarea acestor aspecte în timp, fie și numai la nivel istoric, ne va releva direcțiile către care se îndreaptă evoluția.

Al doilea aspect, legat direct de primul, vine să stabilească condițiile în care, la cauze identice, ne putem aștepta la efecte similare. Este deci conceptul cheie de prevenire a unor dezastre, obiectiv puțin costisitor, în comparație cu cel de combatere a aspectelor negative, uneori insurmontabile, într-o anumită etapă de dezvoltare economică a unui stat. Numai o bună cunoaștare a "modalităților" de exprimare, în timp și spațiu, a agenților modelatori, credem noi, ne poate conduce spre o prevedere și prevenire eficientă, spre bunăstare, spre viață sănătoasă, spre un popor viguros.

Incepem demersul nostru cu un aspect de analiză a terenurilor degradate, cel datorat proceselor de mișcare în masă, și, în special alunecărilor de teren. Alegerea, aparent subiectivă, are o motivație în faptul că, la nivelul spațiului geografic în care coabităm, degradarea terenurilor prin astfel de procese, ocupă mari suprafețe de teren, iar sfera cunoașterii în domeniu a atins, în ultimele decenii, cote ce situează școala geografică clujeană la nivelul școlilor geografice mondiale.

BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In partea a doua ne vom opri asupra terenurilor degradate prin intermediul agentului apă, având ca punct de plecare pluviodenudația, ca apoi să analizăm efectele induse de eroziunea fluviatilă, abraziunea marină și cea datorată excesului de umiditate din sol.

Multe din aspectele analizate în lucrarea de față își găsesc începutul în numeroasele discuții purtate cu regretatul profesor universitar doctor Constantin I. Martiniuc, căruia și pe această cale îi aduc un binecuvenit omagiu. Aceleași sentimente de gratitudine pentru colegii mei, cercetători și profesori, din țară și străinătate, critici și sfătuitori, parteneri de îndelungi discuții, care mi-au dat convingerea unei reușite.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1. PROCESE DE MIȘCARE ÎN MASĂ

1.1. Definiție, terminologie, conținut

Definiția cea mai larg acceptată pentru procesele de mișcare în masă (masse wasting, mouvement en masse) este aceea a deplasării sub acțiunea gravitației, a unor mase de depozite fără influența altor agenți de transport (*C.F.S. Sharpe,1938; V.Mihăilescu, 1939; A. Rapp, 1960; V. Tufescu, 1968; A.Strahler, 1973; D.Bălteanu, 1984; etc.).* Această definiție este similară cu aceea pe care o dă *R. Almagia, 1910*, procesului de "frana" ca formă accelerată de modelare subaeriană, ca efect, mai mult sau mai puțin, a gravitației. In cadrul definițiilor propuse pentru a se explica procesele de mișcare în masă, unii autori au căutat să explice mecanismul transportului. *M.Pecsi, 1971* le definește ca mișcări spontane ale depozitelor de pe versanți, subliniind de fapt viteza cu care se execută mișcarea. In alte definiții sunt remarcate schimbările stării fizice a depozitelor antrenate în mișcare, prin modificarea unor proprietăți inițiale. Un exemplu în acest sens este definiția propusă de *J. Tricart în 1977*, care le descrie ca mișcare produsă datorită variației conținutului de apă din materialele fine, având drept consecință deformarea lor sub influența gravitației și a suprasarcinii exercitate asupra lor de către stratele acoperitoare.

O definiție mai cuprinzătoare a proceselor de mișcare în masă a fost oferită, în anul 1984 de *R.J.Chorley, S.A.Schumm și D.E. Sugden*, prin care se precizează faza pregătitoare a procesului, declanșarea lui și transportul materialului deluvial spre partea joasă a versantului.

Procesele de mișcare în masă (masse wasting), în accepțiunea lui *M.A. Carson, 1976*, se referă la deplasarea pe versant, spre baza lui, a depozitelor de destrucție sau a pachetelor de roci, sub influența forței

BCU "LUCIAN BLAGA" UNIVERSITY LIBRARY

gravitaționale a Pământului, fără ajutorul altor forțe/medii de mișcare, cum ar fi apa, aerul sau gheața. In continuarea definiției lui, *M.A. Carson* indică frecvența procesului (continuă; apariție cu frecvență singulară sau repetată); fazele în care se execută mișcarea; starea materialului afectat (intact; remaniat); tipul depozitului (pachete de rocă/roci în loc; depozite de destrucție); caractere diagnostice (cădere liberă, corpuri rigide - rotaționale; translație; plastic - vârtoasă).

Noțiunea de mișcare în masă (mass-mouvement) a fost introdusă în literatura de specialitate de către *A. Penck, 1894*, care a inclus în aceste mișcări și procesul de spălare în suprafață (érosion en surface; sheet-wash). Aceste procese, reunite, ar defini calitativ noțiunea de denudație, care contrastează cu celălalt proces de modelare, cel al eroziunii liniare.

Mai recent, în anul *1989, J.C. Flageollet*, propune un nou termen, cel de mouvement de terrain, în locul celui consacrat tot de literatura franceză de specialitate, de mouvement en masse, motivând că, în limbajul științific, acest termen are capacitatea de a exprima toate formele de deplasare care implică o ruptură și o deplasare simultană a materialelor. Autorul propune acest nou termen, dar menționează că mișcările de teren fac parte din ceea ce numim mișcări în masă, dar că nu sunt decât o componentă a acestora, alături de mișcările lente, superficiale, datorate fenomenului de creep sub efectul conjugat al gravitației, al mobilității particulelor de sol prin activitatea biologică sau prin îngheț - dezgheț. Acest termen a intrat în uzanța oficială mai ales din momentul elaborării hărților de risc natural, înlocuindu-l pe cel folosit de cei care au elaborat metodologia Z.E.R.M.O.S., în perioada anilor 1970. In accepțiunea lui *J.C. Flageollet* acest termen ar îngloba toate formele de deplasare (tasarea, prăbușirea, alunecarea, alunecare-surpare, curgerea, etc.) și materialele care pot fi puse în mișcare, rocă coerentă, formațiuni superficiale sau solul, în accepțiunea pedologilor și agronomilor. Termenul propus de *J.C. Flageollet* este mai conform cu adevărul decât italianul frana, introdus în

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

literatura de specialitate de *R. Almagia, 1910*, el desemnând atât procesul, modul de deplasare și rezultatul său, materialul acumulat. De altfel, în anul *1971, L. Trevisan* a recomandat de a se utiliza termenul de frana doar pentru desemnarea acumulării de material apărute în urma derulării procesului iar pentru mișcarea în sine termenul de franemento.

In literatura engleză termenul de mișcări de teren ar avea echivalentul în ground failure folosit de National Research Council Committee on Ground Failure Hazard, 1984. Marea varietate de fenomene care sunt definite cu această noțiune l-a făcut pe *R.J. Coates în 1977* să enumere toate însușirile comune care le reunesc.

Marea majoritate a autorilor contemporani, în principal de expresie anglo-saxonă, folosesc însă apelativul landslides, care s-a impus deja pe plan internațional, prin adoptarea sa de către Asociația Internațională a Inginerilor Geologi și a fost reținută oficial de UNESCO și UNDRO (United Nations Disaster Relief co-Ordinator). Tradus în limba română prin alunecări de teren, termenul de landslides reprezintă o categorie de fenomene reunite în clasa mișcărilor în masă; gravitația fiind singura forță de antrenare; deplasarea făcându-se cu viteze care le depășesc pe cele ale creep-ului. Mișcarea poate fi o cădere/surpare, o alunecare sau o curgere noroioasă. Suprafața de demarcare, între partea mobilă și cea stabilă (planul de alunecare; oglinda de fricțiune), cât și zona furnizoare de masă, nu se pot identifica cu o falie; materialul deplasat poate include formațiuni superficiale și/sau roci in situ și prezintă limite nete, reprezentând doar o parte limitată din suprafața versantului. In accepțiunea dată termenului de landslides, mișcările care apar in regiunile climatului periglaciar, datorate înghețului/dezghețului, solifluxiunile, nu pot fi incluse aici.

Din cele arătate până acum, reiese clar că termenul de landslides are o încărcătura semantică limitativă, el înlăturând tasările și subsidențele, trecute de U.S. Geological Survey, 1981, în categoria subsidențelor, produse pe terenuri plate și nu pe versanți. De asemenea acest termen exclude și

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

gonflările și retragerile produse în depozitele argiloase ca urmare a variației conținutului de apă liberă (expansive soils). Din acest motiv, pentru termenul propus de *J.C. Flageollet*, de mouvement de terrain, echivalentul în limba engleză ar fi cel de ground movements, *(O.Vecchia, 1978)*, termen adoptat și de geograful englez *C. Harrison,1985*.

La cel de al XXVI-lea Congres Internațional de Geologie (1981), termenul de mouvement de terrain a fost echivalat cu limitativul earth movements. Cel de al V-lea Congres de Alunecări de Teren, care avut loc la Lausanne, Elveția, în iulie 1988, a consacrat termenul de landslides doar pentru ceea ce, în limba franceză se înțelege prin glissements de terrain. Tot acum, *P.Antoine, 1988*, face o alipire de termeni care definesc, în timp, procese diferite: movements de terrain = landslides, regăsit și în tratate mai recente (Yvette Veyret, 1998).

In cadrul proceselor de mișcare în masă, așa după cum bine se poate observa, au fost incluse o serie de fenomene de deplasare pe versanți, fiecare dintre termenii folosiți având o anumită încărcătura semantică. In cele ce urmează vom încerca să redăm încărcătura pe care i-au dat-o acestui termen diverși cercetători. *C.F.S. Sharpe, 1938*, distinge două tipuri principale de mișcări în masă:

-mișcări cu continuitate și deformare plastică, tip clasic pentru curgeri noroioase și solifluxiuni;

-mișcări prin care materialul suferă o deformare continuă, pe un plan de alunecare (slip plan).

La aceste tipuri principale, autorul citat mai adaugă căderile (fall) - mișcări prin cădere liberă sau salturi, ce se execută în josul pantei.

In anul *1960, A. Rapp* propune ca în rândul mișcărilor în masă să fie incluse următoarele procese:

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

-căderi (fall) - mișcări în masă rapide, prin cădere liberă, salturi și târâre. Particulele de material se mișcă individual (exemplu căderea unor bolovani dintr-un taluz);

-alunecări (slide)

-alunecări bruște (slump) - mișcări în masă executate pe unul sau mai multe planuri de demarcație între partea mobilă și cea stabilă (plan de alunecare), deseori combinate cu unele fenomene de curgeri noroioase sau mișcări rotaționale. Masa de depozite pusă în mișcare se păstrează unitară;

-curgeri noroioase (mudflows) - mișcări rapide ale unor mase de depozite supraumezite, groase, în care sunt cuprinse fragmente de roci. Prin creșterea conținutului de apă și combinarea lor cu eroziunea liniară, se poate face ușor trecerea spre procese tipic fluviatile;

-creep-ul - deplasări lente, imperceptibile, fără a se realiza un plan de demarcație între partea mobilă și cea stabilă (plan de alunecare). Autorul folosește termenii rock-creep, soil-creep, talus-creep care definesc fie materialul afectat, fie forma morfologică în care are loc procesul;

-subsidențele - scufundări ale terenurilor, cavernelor.

In lucrarea sa *Landslide Types and Processes.Landslides and Engineering Practice*, apărută în anul *1958, D.J. Varnes* dă o nouă interpretare termenului de mass-movements, care, în accepțiunea lui, ar include mișcările subaeriene, naturale sau induse de activitatea antropică. Aceiași concepție o regăsim și în tratatul *Landslides:Analysis and Control*, editat de *R.L. Schuster și R.J. Krizek, 1978*, unde, același autor, exclude din rândul proceselor de mișcare în masă pe cele induse de gravitația tectonică. Acum regăsim în cadrul acestor procese subsidențele dar și fenomene de transport prin avalanșe de zăpadă sau limbi de gheață. Dintre procesele de mișcare în masă, a căror tipizare se face după morfologie, mecanism, material transportat și rata mișcării autorul distinge:

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

-mișcări de surpare asociate cu taluzele de excavații sau cu malurile de râu, subsăpate de agentul apă (rebound);

-creep-ul, la care autorul menționat face următoarele demarcări:

a) creep-ul superficial (soil creep; talus creep, în medii morfogenetice în care înghețul nu este veșnic și creep-ul de îngheț, din mediile periglaciare);

b) creep-ul continuu; creep-ul care precede mișcările de alunecare și care le urmează după ce au intrat în echilibru morfodinamic

- înconvoierea capetelor de strate

-alunecări de teren, unde se fac delimitări între cele cu rupere limitată; alunecări rotaționale; alunecări compuse; alunecări de translație; alunecări în horsturi și grabenuri;

-alunecările de debris* sau forme similare de curgere de noroi, atât cele din zone periglaciare cât și din medii morfoclimatice calde. In această categorie sunt incluse și avalanșele de pietre;

-căderile pe planuri de stratificație;

-căderi;

-mișcări complexe de versant.

Q. Zaruba și V. Mencl, 1969, în lucrarea *Landslides and Their Control*, denumesc procesele de mișcare în masă, deplasări pe versanți, în rândul cărora fac următoarele diferențieri:

-mișcări ale formațiunilor de cuvertură (solifluxiuni, inconvoierea capetelor de strate, alunecări);

-mișcarea rocilor neagregate;

-deplasarea rocilor necoezive pe suprafețe de alunecare cilindrice;

---

* Asupra termenului de *debris*, folosit cu precădere în literatura tehnică, trebuie să facem câteva precizări. El este folosit spre a arăta calitatea depozitului și nu mecanismul. Prin debris trebuie să înțelegem acel depozit, în care, 80% din material este cu diametre mai mari de 2 mm (cf. *D.J. Varnes, 1978*).De asemenea un alt termen, des folosit, cel de *earth*,ce definește depozitul în care fracțiunea cu diametre mai mici de 2 mm depășește procentul de 80%.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

-deplasări datorate comprimării bazei plastice;

-deplasări-alunecări pe planuri preexisternte;

-surpări de stânci.

Oarecum asemănătoare cu această accepțiune este și aceea a lui *V.Dragoș, 1956*, care le clasifică după mediul geologic în care se produc, după modul de manifestare și după mijloacele care contribuie la combaterea lor în:

-deplasări subaeriene (prăbușiri în roci compacte și neconsolidate; nisipuri curgătoare; deplasări lente de tipul înconvoierilor capetelor de strate, solifluxiunilor; alunecări ale formațiunilor superficiale sau ale formațiunilor de bază);

-deplasări submarine;

-deplasări tectonice.

Incercând să facă o sinteză a unora dintre cele mai cunoscute clasificări ale "mișcărilor de terenuri" și luând în considerație peste 50 astfel de clasificări, unele datând încă din secolul al XIX-lea, *J.C. Flageollet* a întocmit un tablou sinoptic, în ordine cronologică. In același timp, autorul citat, arată dacă în clasificare s-au luat în considerație un singur criteriu sau mai multe, pe care le separă în principale și secundare. Toate aceste criterii de clasificare au fost grupate de *J.C. Flageollet* în trei mari grupe:

-o primă grupă cuprind acele clasificări care au drept criteriu de bază materialul în care are loc mișcarea, la care deosebește natura materialului; stadiul, structura și panta versantului; localizarea geografică sau geologică; caracteristicile fizico-mecanice ale depozitelor afectate; suprafața de demarcare între partea mobilă și cea stabilă (planul de alunecare);

-a doua grupă de clasificări ia drept criteriu principal mișcarea, cu tipul deplasării, viteza de deplasare, vârsta și cauzele ei;

-în cea de a treia grupă criteriul principal îl constituie rezultatul deplasării, forma și dimensiunile ei, indicii morfometrici, evoluția previzibilă și riscul apărut.

BCU "ASTRA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cele mai des utilizate criterii de clasificare sunt cele care se bazează pe natura materialului și tipul mișcării, folsite de la caz la caz, ca și criterii principale sau criterii secundare. Amintim, fără pretenția de a le epuiza, clasificările făcute de *A. Heim,1882; A. Penck,1894; K. Terzaghi,1925; C.F.S. Sharpe, 1938; D.J. Varnes, 1958 și 1978; A. Rapp, 1960; J.N. Hutchinson, 1968; Q. Zaruba și V. Mencl, 1969; M.A. Carson și N.J. Kirkby, 1972; R.J.Blong,1973; M.J. Crozier,1973; A.W. Skempton și J.N. Hutchinson,1978; D. Brundsen, 1979; A. Milliers-Lacroix,1981; etc.*

Ținem să remarcăm că dintre cele peste 50 de clasificări, doar în opt dintre ele este luat drept criteriu de bază morfologia indusă pe suprafața versantului și că, în altele două, drept criteriu secundar. Am fi tentați să dăm crezare faptului că geomorfologia tinde spre a deveni o știință cu valențe practice, aplicative. Totuși, la o simplă privire a schemei prezentate de *J.C.Flageollet*, ne putem da seama că aceste clasificări, sunt făcute de către ingineri, geologi și mai puțin de către geografi.

Dintre aceștia, amintim pe *A. Milliers-Lacroix, 1968; J. Pasek, 1975; D.H. Radbruch-Hall, 1976; A. Carrara și colab., 1977; J. Tricart 1977, etc.*

Totodată, credem că este necesară o prezentare a terminologiei folosite în lucrările de specialitate (tab. 1).

In literatura de specialitate de la noi din țară, prima încercare de clasificare a proceselor de mișcare în masă este publicată de *G.Macovei și G. Botez* în anul 1923 care se referă la fenomenele investigate pe văile Râmnicului Sărat și Râmnei. Autorii clasifică aceste procese în:

-alunecări propriu-zise;

-curgeri de noroi;

-alunecări de grohotișuri;

-surpări.

De fapt, acești autori propun și o denumire nouă pentru aceste procese de mișcare în masă, aceea de sadomire. Mai târziu, în anul *1938, V.*

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Mihăilescu încearcă să introducă un termen românesc în definirea acestor procese, acela de pornitură, oferindu-ne și o clasificare a lor în care criteriul de bază este acela al mecanismului deplasării. In cadrul acestei clasificări vom regăsi ca procese distincte :

-rostogolirile (blocuri desprinse și rostogolite - grohotișurile);

-alunecările umede și uscate;

-surpările (apărute în urma lipsei suportului natural).

Revenind asupra acestei clasificări, în anul *1946, V. Mihăilescu* împarte porniturile de teren în două mari grupe:

-pornituri seci (uscate sau semiuscate), în care include prăvălirile (termen popular, utilizat în Moldova); surpări-rostogoliri; tasările;

-pornituri umede, care reunesc solifluxiunile; curgerile de glod;torenții de pietre și alunecările de teren.

Folosind același termen, cel de pornitură, *V.Tufescu, 1966*, oferă o nouă clasificare a proceselor de mișcare în masă, având drept criteriu principal pe cel al mecanismului mișcării și, drept criteriu secundar, forma rezultată. Astfel, autorul citat le separă în două mari grupe:

-pornituri prin cauze mecanice, datorită distrugerii suportului natural sau distrugerii unității masei terenului, în care apa joacă un rol secundar. Aici sunt incluse: -rostogolorile (distrugerea unității masei);

-surpările (distrugerea suportului natural);

-sufoziunea (subminarea prin eroziune fizică și chimică);

-înconvoierea capetelor de strate;

-tasările (compactarea particulelor);

-creep-ul;

-pornituri prin înmuiere; la apariția cărora, intervenția apei are un rol hotărâtor în generarea mișcării. Aici sunt incluse:

-nisipurile curgătoare (antrenarea particulelor care alcătuiesc rocile necoezive);

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

-curgerile noroioase (supraumectarea și curgerea laminară a masei de depozite);

-solifluxiunea (înmuierea și deplasarea unei pături superficiale de sol, pe un suport rigid, înghețat);

-alunecările de teren (patinarea unei mase de depozite pe o talpă înmuiată).

Tabel I. Corespondența dintre termenii străini și termenii din limba română pentru procesele de mișcare în masă.

Limba română	*Limba franceză*	*Limba engleză*	*Limba italiană*	*Limba spaniolă*
Gonflare-retragere	Gonflement-rétrection	Expansive soils		
Creep	Reptage	Creep	Creep	Reptacion
Bombări	Bombement	Bulging	Rigonfiamento	Desplome,Vuelco
Surpări-căderi	Chute	Fall	Crollo (Crollo di roccia; di detrito; di terra)	Disprendimiento; colapso
Deplasare laterală	Déplacement latéral	Lateral spreading	Expansione laterale	Deslizamiento translacional
Subsidență	Affaissement Effondrement	Subsidence	Accasciamento, Sprofondamento	
Alunecare de teren	Glissement	Slip, Slide	Slittamento Despalzamiento	Desplazamiento
Alunecare rotațională	Glissement rotationnel	Slump, Rotational slide	Scorrimento rotazionale, Scivolamento	Deslizamiento Rotacional
Alunecare translatională	Glissement par translation	Translational slide	Scorrimento translativo	Deslizamiento translacional
Alunecare în trepte	Glissement banc sur banc	Rock block slide	Scivolamento di roccia; di blochi	Resbalamiento
Alunecare complexă	Éboulement	Rock fall avalanche	Smottamento	Irrupcion
Curgere de noroi	Coulée de boue	Mudflow	Colata di terra	Flujo
Torenți de pietre	Avalanche de Débris	Debris avalanche	Valanga di detrito	Torrente de detritus

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

2. ALUNECĂRI DE TEREN

2.1. Termeni, definiții

In cadrul marii familii a proceselor de mișcare în masă, alunecările de teren sunt fenomenele geomorfologice care produc, prin cantitatea de material pe care o deplasează, prin rapiditatea cu care se efectuează deplasarea, prin marile suprafețe scoase din circuitul productiv cât și prin daunele produse, cele mai importante pagube.

Alunecările de teren, ca termen de definire a unor procese de mișcare în masă, așa cum specifica *V. Tufescu, 1966*, este livresc. La noi în țară, termenul de alunecare de teren coexistă cu o serie de sinonime care-i definesc, în limbaj popular, mecanismul (fugitură, ruptură) sau formele rezultate (fărâmituri, hârtop, iuzi, glimee, țiglăi, copârșaie, gruieți, etc.). Așa cum am văzut, în literatura mondială, termenii cei mai uzitați sunt cei de landslides și glissements de terrain, care se referă atât la proces cât și la forma indusă de el pe versanți.

Fiind parte integrantă a categoriei mai mari, de procese de mișcare în masă, credem că este necesar să precizăm, mai întâi, locul pe care-l ocupă alunecările de teren în cadrul acestora, eliminându-se astfel unele confuzii care încă se mai produc.

In accepțiunea noastră alunecările de teren sunt procese de modelare a terenurilor în pantă, sub acțiunea gravitației, care se produc pe o suprafață de demarcație, între partea mobilă și cea stabilă (suprafață de alunecare, plan de alunecare, oglindă de frictiune).

Majoritatea cercetătorilor care au studiat procesul de alunecare, implică în mișcare forțe ce reprezintă descompuneri ale forței de gravitație în componentele ei.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În funcție de înclinarea suprafeței pe care are loc mișcarea, alunecările de teren au fost definite ca lente până la rapide . Intr-o accepțiune largă, toți cercetătorii au arătat că alunecările de teren se produc pe una sau mai multe suprafețe de demarcație (plan de alunecare), funcționabile separat sau concomitent (*C.F.S. Sharpe, 1938; A. Rapp, 1960; V. Tufescu, 1966; M. Pecsi, 1971; A. Young, 1972; Brugner și Valdinuci, 1972; V.Surdeanu și N. Rădoane, 1976; A.L. Bloom, 1970; V. Surdeanu și colab., 1981; G. Ter- Stepanian*, 1982; *R.J. Chorley și colab., 1984;* etc.). De fapt, apariția acestei suprafețe, pe care are loc glisarea, reprezintă unul dintre criteriile principale care le deosebesc de celelalte procese de mișcare în masă. Întrucât, în cele mai multe cazuri, aceste "planuri de alunecare" sau planuri de forfecare nu prezintă forma unui plan în sensul propriu al cuvântului, opinăm spre folosirea termenului de "suprafață de alunecare". Aceasta, poate avea în teren forme concrete, concave, semiconcave, circulare, conforme cu morfologia preexistentă procesului. In funcție de poziția și morfologia acestor suprafețe de alunecare; de componentele granulometrice ale depozitelor antrenate în mișcare; cât și de comportamentul dinamic al alunecărilor, s-a procedat la o diversificare a alunecărilor, ca terminologie, urmărindu-se astfel o cât mai fidelă explicare a mecanismului și a efectelor procesului. De aceea, în literatura geomorfologică și geologică din țara noastră și din străinătate, vom întâlni termeni diferiți pentru a defini atât procesul cât și formele de alunecare.

În țara noastră, literatura geomorfologică, vehiculează în terminologia alunecărilor de teren, termeni ce definesc, în majoritate, caracteristicile morfologice ale acestora (brazde, lentile de alunecare, trepte, valuri, monticuli, glimee, vale de alunecare), și, în mai puține cazuri, starea fizică a depozitelor afectate (plastic curgătoare). Literatura tehnică a pus în circulație termeni ce desemnează, pe lângă caracteristicile morfologice, și modul în care se produce mișcarea. Trebuie să recunoaștem că, multe din aceste denumiri, sunt preluate dintr-o limbă de circulație și că, nu în toate cazurile, traducerea lor este cea mai fericită. Unele confuzii provin și din faptul că alunecările de teren sunt

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

confundate cu alte procese de mișcare în masă. Din această cauză considerăm că este cazul să facem câteva precizări.

O primă diferențiere trebuie făcută între mișcările de tip creep și cele de alunecare. Ea a fost făcută pentru prima dată de *Terzaghi, 1950, (cf. G. Ter Stepanian, 1980)* și, în viziunea lui, ea constă în viteza cu care are loc deplasarea și caracterul acesteia (imperceptibilă la creep; rapidă la alunecare).

In clasificarea proceselor de mișcare în masă, adoptată de Asociația Internațională a Inginerilor Geologi, creep-ul este definit ca "mișcarea lentă, de lungă durată, cu viteză constantă și fără o suprafață de alunecare bine definită". *G. Ter Stepanian, 1980,* arată că, în cadrul vitezelor de deplasare, există cazuri în care pot interveni accelerări și diminuări ce se produc sezonier, mai ales în atunci când mișcarea afectează un strat superficial. Și într-un caz și în altul, vitezele de deplasare vor fi influențate de variațiile condițiilor climatice, și-n mod cu totul special, de regimul precipitațiilor. Cele mai mari deplasări vor fi înregistrate pe direcția de mare tensiune. Valoarea medie a vitezelor de deplasare este de până la 10 mm/an, în cazul creepului *(W.J. Eden, 1977; A.P. Dedkov, V.I. Moszherin, E.A. Tchasovnikova, 1978; G.Ter Stepanian, 1980; N.Rădoane, 1988)* și de ordinul zecilor de centimetri până la sute de metri pe zi, în cazul alunecărilor.

In cazul creepului deplasarea se face mineral pe mineral, fără a se realiza o suprafață de demarcare între partea mobilă și cea stabilă *(J.Hutchinson, 1978; D.H. Radbruch-Hall și D.J. Varnes, 1976; G. Ter Stepanian, 1980)*, cu viteze constante.

Atunci când, cantitatea de apă liberă este suficientă (peste limita inferioară de plasticitate), presiunea exercitată de către aceasta la nivelul porilor duce la distrugerea gradată a coeziunii dintre particule și, simultan, are loc creșterea deformărilor, ireversibilă (depășirea stressului la forfecare) concretizându-se prin realizarea unei suprafețe prag - suprafața de alunecare. In acest moment se trece la mișcarea de alunecare.

BCU "ALEXANDRU IOAN CUZA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Apariția acestui prag geomorfologic este legată de proprietățuile fizico-mecanice ale depozitelor și este caracterizat de un anumit conținut de apă liberă care permite depozitelor să treacă de la starea de consistență la cea de plasticitate.

In concluzie, creepul reprezintă o mișcare lentă, continuă, la care sunt supuse depozitele de versant sau roca in situ, fără a se realiza o suprafață de alunecare bine definită, în timp ce, în cazul alunecărilor de teren, mișcările pot varia de la lent pînă la catastrofal; se realizează pe o suprafață/suprafețe de alunecare; nu au continuitate în ceea ce privește vitezele de deplasare. Procesul de creep poate coexita cu cel de alunecare, modelând versanții concomitent. In funcție de vitezele de deplasare, rata evacuării materialului din sistemul versant, se va diferenția corespunzător pentru fiecare din procesele de modelare. Conlucrarea acestor două procese, realizată pe suprafețe de versant cu instabilitate declarată, va contribui la mărirea arealului supus degradării, prin aport de masă din zonele stabile, dar, printr-o continuă redistribuire a masei în cadrul lor, poate duce și la o atenuare a dezechilibrelor deja apărute.

De asemenea, o altă diferențiere care se impune este aceea între procesul de alunecare și cel de curgere noroioasă. Stabilirea unor astfel de diferențieri implică o bună cunoaștere a mecanismelor proceselor, funcție de caracteristicile fizico-mecanice ale masei deluviale. Fiecare proces luat în parte, va genera, în morfoflogia versantului forme diferite, distincte. In cazul ambelor procese, prezența apei, a consecințelor legate de participarea ei în realizarea raportului solid-lichid, va conduce la comportamente diferite, în aceleași condiții de evoluție. Se cere făcută precizarea că, atât alunecările de teren cât și curgerile de noroi antrenează atât materiale quasiomogene, sub aspect granulometric, dar și cu un grad mare de neuniformitate, când fragmente de rocă sunt diseminate într-o matrice fină.

Dacă în cazul alunecărilor de teren nu se remarcă o segregare a celor două fracțiuni, în cazul curgerilor de noroi, cel puțin în partea terminală, a

BCU "ASE" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

conului deluvial, predominantă va fi fracțiunea fină (*G. Ter Stepanian, 1968; M.A.Carson și M.J.Kirkby, 1972; J.Hutchinson, 1978; V.Surdeanu și colab., 1989*). Iată de ce, între aceste procese, mulți dintre autori fac delimitări clare, legate fie de mecanismele diferite ale producerii și ale tranzitului de masă, dar și de formele pe care le generează în sistemul versant și amploarea degradărilor, și *(D.Bălteanu 1974, 1983; R.L.Schuster R.J. Krizek, 1978; V.Cotechia și G. Nuzzo, 1986; V. Surdeanu, 1986)*.

In cazul acestor delimitări trebuie să recurgem și de această dată la cercetări privind mecanismul proceselor. S-a stabilit astfel că, procesul de alunecare are loc atunci când, conținutul de apă liberă din depozitele afectate, (umiditatea naturală, W_o) variază între limitrele de plasticitate, inferioară și superioară, și că schimbările produse în morfologia versantului sunt remanente fără a se distruge, în totalitate, suprafața inițială a acestuia. Odată depășită limita superioară de plasticitate (W_c), care se constituie într-un nou prag geomorfologic, prin creșterea cantității de apă liberă din masa deluvială, mișcarea seamănă cu cea a unui lichid vâscos, atinge viteze considerabile iar structura inițială este totalmente distrusă, asigurându-se tranziția spre o curgere bifazică, lichid-solid, specifică tranzitului fluviatil.

La alunecările de teren mișcarea se realizează aproximativ uniform pe toată suprafața de versant afectată de proces. Forma nou apărută, în urma curgerii de noroi, are aspectul unei văi, cu bazin de recepție, canal de scurgere și un con de împrăștiere. In timpul activității dinamice a unei alunecări de teren, o parte din corpul deluvial se poate transforma, pe perioade distincte de timp, ca efect al unui excedent pluviometric, în curgere noroioasă. Această transformare durează însă numai atât cât persistă procesul de supraumectare. Evoluția simultană, pe același areal de versant și în aceleași depozite, a proceselor de curgere noroioasă și de alunecare, i-a determinat pe cercetătorii italieni să includă la fenomenul de frana și curgerile de noroi, din care ei exclud însă solifluxiunile, creepul, prăbușirile și subsidențele.

BCU CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

De asemenea trebuie făcută și delimitarea dintre alunecările de teren și procesele de surpare-prăbușire. La apariția și derularea procesului de alunecare agentul este apa, care mijlocește deplasarea, pe când, în cazul surpărilor și prăbușirilor, deplasarea se face sub influența greutății proprii a depozitelor, lipsite de un suport natural. Viteza de deplasare, în cazul surpărilor și prăbușirilor, este cu mult superioară celei cu care se efectuează alunecările de teren.

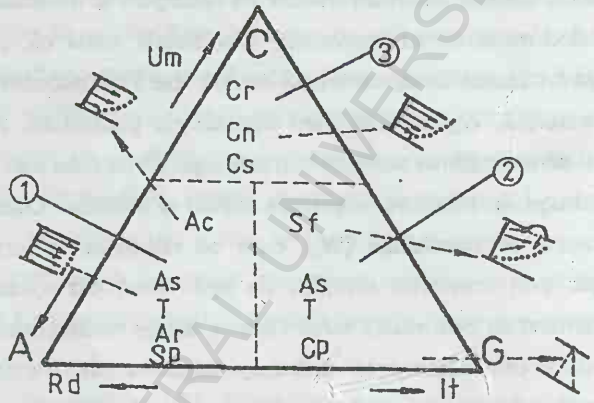


Fig. 1. Clasificarea geomorfologică a mișcărilor în masă (după M.A.Carson și M.J.Kirkby, 1972; J. C. Flageollet, 1989).

Tip de proces:

A-alunecări de teren; C-curgeri de noroi; G-gonflări;

1. *Mișcări în masă rapide*: Ac-alunecări plastice; As-alunecări în depozite omogene, fine; Ar-alunecări în depozite heterogene, predominant grosiere; Sp-surpări/prăbușiri de roci; T-tasări.
2. *Mișcări în masă lente*: Sf-solifluxiuni; As-alunecări în depozite omogene, fine; T-tasări; Cp-creep.
3. *Transport rapid, mijlocit de apă*: Cr-transport prin râuri; Cn-curgeri noroioase; Cs-curgeri de depozite fine, omogene

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

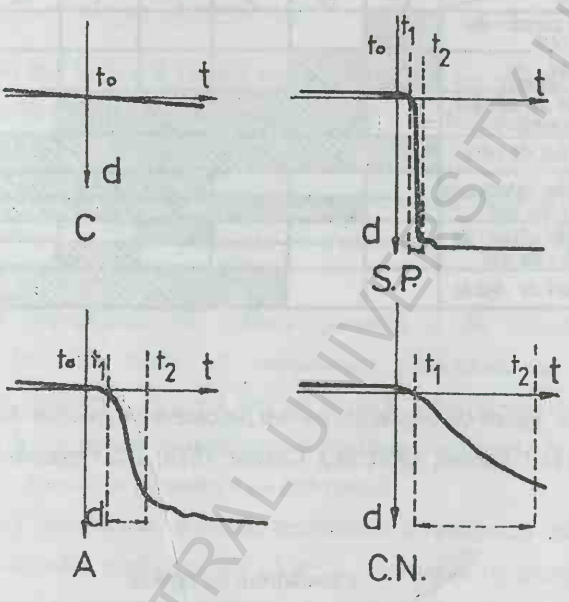


Fig. 2. Tipuri de procese și vitezele lor de deplasare (prelucrare după J.C. Flageollet, 1989).

C=creep;
A=alunecare de teren;
S.P.=surpări-prăbușiri;
C.N.=curgeri de noroi.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

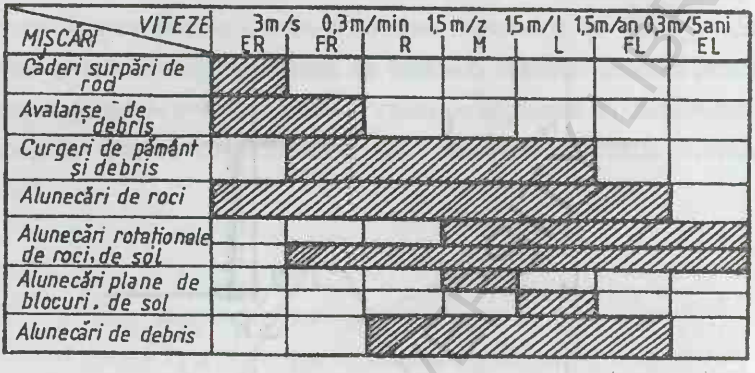


Fig. 3. Viteze de deplasare pentru procesele de mișcare în masă (după D.J. Varnes, 1958; M.J. Crozier, 1979; J.C. Flageollet, 1989)

ER=extrem de rapidă;

FR=foarte rapidă;

R=rapidă;

M=moderată;

L=lentă;

FL=foarte lentă;

EL=extrem de lentă.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

3. CAUZELE ALUNECĂRILOR DE TEREN

Privite sub aspectul lucrului mecanic, efectuat de o masă de depozite deluviale, alunecările de teren implică un cuplu de forțe opuse: unele care acționează mișcarea, și altele cu tendința de a o frâna. Indiferent de natura forțelor care intervin în timpul mișcării de alunecare, energia acestora nu reprezintă decât o modalitate de transformare a energiei gravitației (*J.Tricart,1977*).

Forță permanentă, cu acțiune generală și de intensități diferite, gravitația a fost, de multe ori, considerată primordială în declanșarea proceselor de alunecare. In acest caz se făcea o minimalizare a altor cauze, chiar dacă energia, necesară desfășurării acestora, reprezenta tot o formă de transformare a gravitației în energie de altă natură.

Contrar acestei idei, a existat tendința de a minimaliza rolul gravitației în apariția procesului, motivându-se că ea nu reprezintă un proces ci o forță mecanică, având o valoare constantă pentru o anumită regiune, atât înainte cât și după declanșarea procesului de alunecare (*M.N. Florea, 1977*). Credem că, atunci când se vorbește de cauză, nu trebuie să se facă eroarea de a o confunda cu procesul, în care acțiunea gravitației asupra scoarței terestre reprezintă efectul cauzei, deci, lucru mecanic efectiv. Au existat și păreri care au considerat că, luată singular, gravitația nu are consecințe asupra alunecărilor de teren. Dacă însă considerăm că toate forțele care intervin în timpul derulării procesului de alunecare sunt transformări ale forței de gravitație, la nivel de energie, atunci acțiunea ei este continuă, efectul fiind mișcarea, deci procesul, iar acestea, la rândul lui, poate fi cauză altor procese sau chiar a altor alunecări de teren.

BCU "ȘTIINȚELE PĂMÂNTULUI" UNIVERSITY LIBRARY

Gravitația poate fi considerată drept o forță constantă care acționează și direcționează întregul sistem de modelare. In consecință, motorul mișcării trebuie căutat și în climat care-l va nuanța, atât în timp cât și în spațiu, funcție de cantitatea de energie generată de el. Rezistența internă la acțiunea gravitației depinde de forțele de frecare internă, caracterizate în termeni de plasticitate a depozitelor afectate. Variațiile spațiale ale stressului la forfecare sunt determinate însă, în timp, de variațiile pe care le va suporta faza lichidă (apa), atât ca apă legată chimic dar, mai ales, ca apă liberă (umiditatea naturală a depozitului), ce va avea drept consecințe schimbarea proprietăților fizico-mecanice și chiar chimismul fazei solide.

In analiza cauzelor care concură la apariția procesului de alunecare, de foarte multe ori, a fost luat în discuție numai efectul imediat al acestora, a căror acțiune se exercită direct asupra gradului de stabilitate a sistemului versant. Procedându-se astfel, au fost minimalizate, sau trecute cu vederea, cauzele cu efecte latente sau indirecte, care, în timp (chiar privit la scară geologică), au avut, au și vor avea efecte în dinamica alunecărilor. Trecerea de la stadiul de stabilitate la un stadiu de instabilitate însă este relevată de cauze numeroase și variate (J-C. Flageollet,1989),unele externe, generate de cele mai multe ori de alte procese erozivo-denudaționale sau de activitățile desfășurate de om, altele interne, ca de exemplu creșterea presiunii interstițiale, după ploi de lungă durată și cu cantități mari de apă; de dezvoltarea unei cuverturi de depozite de versant, apărute în urma meteorizației și evoluția acesteia sub aspect fizic și chimic; prin acumulare în masa de roci sau depozite de versant a unor ape cu săruri și baze schimbabile; de cutremure,etc. Aceste cauze sunt încă puțin cunoscute, ele rămânând în atenția cercetătorilor. Iată de ce , cauzele nu au constituit un criteriu de clasificare pentru alunecările de teren decât în foarte puține cazuri.

Pe de altă parte nu se vorbește de o cauză unică în declanșarea procesului, ci de o combinare de cauze complexe, care facilitează trecerea de la stadiul de stabilitate la cel de instabilitate. Pentru definirea noțiunii de

alunecare de teren trebuie să definim deci o serie de procese fizico-mecanice care se desfășoară pe un ciclu de stări de echilibru al versantului.

In analiza cauzelor care concură la apariția și derularea procesului de alunecare, privit ca lucru mecanic efectuat de o masă deluvială, de foarte multe ori a fost luat în discuție numai efectul imediat al acelora, a căror acțiune se exercită direct asupra stadiului de echilibru al versantului. Procedându-se astfel s-au minimalizat, sau au fost trecute cu vederea, cauzele cu efecte latente, sau indirecte, care, în timp (chiar privit la scară geologică), au avut, au și vor avea efecte în apariția și evoluția alunecărilor de teren.

In discutarea cauzelor proceselor de mișcare în masă, în general, și a alunecărilor, în special, se păstrează o notă specifică celui care abordează subiectul, punîndu-se acentul pe unul sau altul din aspectele acestui proces complex și totodată puțin cunoscut al apariției și evoluției lui. Specialiștii au manifestat tendința diferențierii cauzelor în ***directe*** (cele care au ca rezultat încetarea stării de echilibru a versanților) și ***indirecte***, acordându-se ambelor categorii atenția cuvenită.

In cadrul cauzelor *directe*, sunt incluse acelea care au ca rezultat încetarea stării de echilibru a versantului, deci, cu acțiune imediată, ce țin de condiții particulare. Este vorba de condiții pluviometrice și hidrologice deosebite, de intervenții brutale, naturale sau artificiale, asupra versanților (cutremure, vulcani, explozii, excavații, depozitarea de materiale care au ca efect suprasarcina,etc.).

Activitatea dinamică, imediată ruperii echilibrului, este precedată de o perioadă, mai lungă sau mai scurtă, de pregătire, în care, cauzele care au acționat asupra scoarței terestre, au creat condiții favorabile impactului. Aceste cauze au fost catalogate ca *indirecte*.

In rândul cauzelor indirecte, vom include substratul geologic, procesele fizice și chimice care duc la distrugerea acestuia, mișcările epirogenetice. Procesele de modelare contemporană și morfologia creată de acestea pot deveni cauze indirecte ale procesului de alunecare sau pot duce la reactivarea

BCU ASTRA CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

celor aflate în echilibru morfodinamic.

Deci există posibilitatea de a se delimita, în rândul cauzelor, pe cele ***pregătitoare*** (substrat geologic, procesele de meteorizație,morfologia preexistentă, creație a altor procese de modelare sau chiar a procesului de alunecare, covorul vegetal, activitatea umană), care au ca efect inducerea, pe versant, a unui dezechilibru potențial, și cauze ***declanșatoare*** care, efectiv, duc la ruperea echilibrului și la derularea procesului de alunecare (precipitații abundente, explozii, cutremure, dezrădăcinări masive de arbori, eroziunea bazei versantului în timpul unei inundații, etc.).

Iată de ce unii cercetători au delimitat, în rândul cauzelor, pe cele ***pasive*** de cele ***active*** (*C.F.S. Sharpe,1938*), dar și pe cele ***potențiale***, ***pregătitoare*** și ***declanșatoare*** *(I. Mac,1986).*

Considerăm că, toate cauzele enumerate mai sus, se pot grupa în două mari categorii: ***cauze naturale*** și ***cauze antropice***, care acționează și contribuie la pregătirea, declanșarea și evoluția dinamică a procesului de alunecare, sau au efecte indirecte în apariția lui. In cele ce urmează, le vom analiza din acest punct de vedere.

3.1. Cauzele naturale.

In ansamblul lui, relieful a evoluat în cadrul unor sisteme regionale de modelare, specifice poziției lui geografice, ca efect a zonării climatice și, atunci când este cazul, ca efect al etajării. Toate acestea au avut influențe complexe în procesele de modelare, implicit asupra alunecărilor de teren, dându-le particularități deosebite de manifestare, iar formelor apărute, morfologii ce le conferă individualitate, atât în timp cât și în spațiu. In rândul acestor particularități, cu efecte deosebite în pregătirea, declanșarea și evoluția procesului de alunecare, un rol imporatnt îl ocupă:

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

3.1.1. Relieful preexistent. Relieful actual este rezultatul mai multor procese de modelare care nu sunt o repetiție simplă ci se dezvoltă, în diverse etape, sub influența condițiilor naturale. Pentru evoluția versanților este importantă "istoria" proceselor care l-au modelat (memoria lor). Versanții care, în timp geologic sau istoric, au mai fost "teatrul" de manifestare a alunecărilor de teren, vor fi și în viitor afectați de proces. Această evoluție este favorizată de distrugerea structurilor primare ale substratului, facilitând infiltrația apelor meteorice cu lejeritate, si modificarea proprietățile fizice și mecanice ale cuverturii de depozite superficiale. Formele apărute, variază funcție de înclinarea pantelor, care controlează sistemul de descărcare, de tranzit de masă și energie, și care conduc la creșteri și descreșteri ale dinamicii morfogenezei. Descreșterea, pe anumite areale, a acestei dinamici este compensată prin sensibilizarea terenurilor aflate în vecinătate.

Este verosimil ca, ceea ce se întâlnește acum pe versanți, ca și depozite superficiale, să fie de vârstă relativ recentă, corespunzător interglaciarului Würm, Tardiglaciarului sau Holocenului (mai puțin de 12.000 ani B.P., *Demek,1966; Weeks,1969; Chandler,1970; cf. M. Masson, 1976*). Alunecările actuale deci, sunt reprize de reactivare ale alunecărilor vechi, din perioade periglaciare. Mulți dintre cercetători înclină să creadă că, extensia reactivărilor actuale se face pe seama vastei extensiuni a materialului de solifluxiune din acea perioadă.

Privit sub aspectul coeficientului de siguranță (raportul dintre forțele care tind să rupă echilibrul versantului și cele care se opun acestora), relieful, preexistent procesului de alunecare, reprezintă una din modalitățile prin care se produce transformarea energiei gravitației în energie activizatoare a lui. Acest mecanism complex, al transformării energiei gravitației, este coordonat de energia versanților, de înclinarea lor și de fragmentare.

Desigur că pe versanți, în cadrul reliefului preexistent, vor exista situații când se poate produce un potențial dezechilibru, dar și de instabilitate clară, fără ca procesul de alunecare să se declanșeze. Declanșarea procesului va

necesita "intervenția" și altor forțe, care să-l activeze, cu caracter de prag, fapt datorat însăși mecanismului complex al lui.

In cele ce urmează vom analiza unele caracteristici morfometrice ale versanților cu influență directă asupra procesului de alunecare.

Energia de relief ca expresie a gradului de evoluție a lui, este cea care coordonează ritmul denudației. Ea are valori ce variază în limite foarte largi, funcție de entitățile litologice care aflorează în regiune, de duritatea și rezistența lor la degradare. Astfel, la noi în țară, energia de relief nu depășește 150 m pe 47% din teritoriu; 35% prezintă energii de relief cuprinse între 300 și 500 m și numai 18% din suprafața țării are energii de relief ce depășește 500 m. In zonele montane energia de relief se menține , în medie, la 600 m. Ea cunoaște valori ce pot să fie de până la 50-100 m, în cazul văilor râurilor de ordinul I și II, și poate ajunge la peste 500 m, în cazul văilor râurilor de ordin superior. In regiunile de podiș și cele subcarpatice energia de relief cunoaște deasemenea valori ce se apropie de cele din zona montană. Mult mai scăzute sunt valorile energiei de relief în cadrul câmpiilor, unde ea are ca limite de variație, de la câțiva metri până la câțiva zeci de metri.

S-a constatat însă, că nu în toate cazurile cu energie de relief mare procesul de alunecare este identic în evoluția lui. Sunt situații când, prin însăși energia sa ridicată, relieful permite o drenare rapidă, o expoziție favorabilă insolației, etc., fapte care concură la stabilitate.

Pentru versanții montani și cei din aria dealurilor subcarpatice și de podiș, unde se înregistrază o *fragmentare a reliefului*, densă în plan orizontal, dar cu o energie a fragmentării reliefului cu valori de 25-50 m (cazul văilor de ordinul I și II), se înregistrează frecvent o înecare a acestora cu depozite deluviale. Inclinăm să credem că de fapt aceste văi sunt, în principal, creația proceselor de alunecare și nu a unei scurgeri concentrate. Abia după ce alunecările de teren au destructurat suprafața versanților începe o organizare a scurgerii, ce poate conduce la apariția unor rețele de ordinul I. Debitul foarte redus, tranzitat prin aceste văi, nu le permite o evacuare totală a materialului

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

deluvial, astfel încât, procesul care urmează a le contura morfologic este tot cel de alunecare de teren, la care se adaugă spălarea în suprafață, sufoziunea și eroziune torențială.

Inclinarea versantilor este importantă, de asemenea, în evoluția versanților. Acest lucru depinde de maniera în care, procesele de modelare acționează pentru a produce modificări ale formei lor, ce-l reduc, cel puțin parțial, la unghiuri mai stabile. Această stare va fi de scurtă durată, după care alte procese vor dicta profilul versantului. Astfel privind lucrurile, inclinarea versanților nu are o semnificație îndelungată, iar cele actuale sunt esențiale, ca funcție de timp. Majoritatea caracteristicilor de înclinare ale versanților sunt înrudite cu istoria morfologică locală și nu sunt trăsături intrinseci ale dezvoltării lor. Plecând de la această idee, considerăm că, elaborarea unor clase de pante pe baze genetice este cea mai nimerită pentru a exemplifica tipologia proceselor care au conlucrat la apariția lor, fapt de altfel recunoscut pe plan mondial. Conform acestui percept, pantele până la 3° sunt considerate ca limită de înclinare a zonelor în care predomină relieful de acumulare fluviatilă și a acumulărilor de apă. Incepând cu pantele de 3-6°, caracteristice zonelor de confluență, de contact între vale și versant sau dintre versant și culmile interfluviale, se manifestă ușoare procese de eroziune sau de acumulare coluvio-proluvio-deluvială. Pe pantele cuprinse între 6-17°, se constată dominarea proceselor de mișcare în masă de tipul alunecărilor de teren. De la 17° la 31°, alunecările de teren sunt însoțite de intense procese de eroziune difuză, surpări și ravenări, acestea din urmă predominând pe măsură ce panta crește. Pantele de 31-32° sunt cunoscute ca limită de echilibru a grohotișurilor nefixate iar panta de 42°, ca limtă de înclinare, dincolo de care se produce căderea liberă a grohotișurilor fixate (cf. E.Savigear, P.Macar, A.Pisart, J.Tricart, citați de I.Ichim, și C.Bordeianu,*1970*). In accepțiunea autorilor citați, versantul cu înclinări peste 42° este considerat abrupt, procesele specifice lui fiind căderea liberă a blocurilor și eroziunea în adâncime, pe rețele scurte de drenaj, slab evoluate.

BCU ALBA IULIA CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In România, pantele cele mai accentuate se înregistrează în zona montană și a dealurilor subcarpatice și de podiș, pe când, în regiunile de câmpie, predomină suprafețele orizontale. Din acest motiv și procesele care concură la degradarea terenurilor vor fi mai active în regiunile înalte, cu o mare fragmentare a reliefului, atât orizontală cât și verticală, ce le conferă, prin gama de înclinări ale suprafețelor versanților, o mai mare energie. In ariile montane, înclinarea versanților cunoaște mari variații pe spații restrânse, mai ales în cazurile în care litologia se schimbă cu o frecvență ridicată. Exemplificăm, acest fapt, cu frecvența pantelor din cadrul Carpaților Orientali, unde inclinările favorabile procesului de alunecare depășesc 92,9% din suprafața toatală a spațiului montan, oferindu-i condiții potențiale de dezvoltare.

Legat de fragmentare și de inclinarea, versanții vor căpăta *dimensiuni* și *volume* care, la rândul lor vor conferi formelor caracteristici morfometrice distincte. Dar, cum aceste valori dimensionale sunt dictate de litologie și de rezistența entităților litologice la acțiunea agenților de modelare este normal ca, atât în spațiul montan cât și cel al dealurilor subcarpatice și de podiș, să găsim o multitudine de astfel de dimensiuni. In acest caz și elementele de morfometrie ale sistemului alunecare de teren să capete valori dependente de cele ale versanților pe care se produc.

Nu lipsite de interes sunt și *expozițiile* versanților, foarte variate, uneori pe spații restânse, care, la rândul lor, întroduc mari disproporții în răspândirea spațială a procesului de alunecare.

3.1.2. Litologia substratului.

Se știe că, procesul de alunecare are loc acolo unde, în substrat, există o alternanță de roci permeabile și impermeabile care vor asigura nu numai masa supusă procesului dar și o lesnicioasă circulație a apei, mijlocitor al mișcării. Modul în care entitățile litologice își dispută participarea la

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

alcătuirea substratului va coordona nu numai prezența, sau nu, a procesului dar și caracteristicile morfometrice și morfologice ale sistemului alunecare de teren.

Dar rezistența rocilor la acțiunea agenților externi este funcție de intensitatea și timpul cât asupra lor acționează un cuantum de forțe (*E.Yatsu, 1966*). Pe același substrat pot să apară forme de relief distincte funcție de felul și magnitudinea acestor forțe, de viteza și durata lor de aplicare. Pe seama rocilor din substrat vor lua naștere cuverturi de depozite superficiale, care, pot să păstreze sau nu proprietățile inițiale ale lor. In încercarea de a se descifra repartiția spațială a proceselor de alunecare, dar și mecanismele care duc la apariția fenomenului, este deci necesară o cartare de amănunt a modului în care entitățile litologice elementare participă cantitativ la formarea unităților. Din investigațiile noastre asupra frecvenței entităților litologice elementare ale flișului cretacic și paleogen s-au evidențiat următoarele:

-există formațiuni litologice, în care entitățile litologice elementare de tipul marnelor, marno-argilelor și argilelor depășesc un procent de 70% din totalul formațiunii. Astfel este cazul Stratelor de Sinaia (orizontul superior), Seriei de Palanca, formațiunii șisturilor negre (orizontul inferior), Stratelor cu Inocerami, Stratelor de Izvor și Stratelor de Bisericani. Entitățile litologice elementare de tipul gresiilor, marnocalcarelor, brecciilor și microbrecciilor reprezintă 9-30% în Seria de Palanca; 4-26% în orizontul superior al formațiunii șisturilor negre; 20-31%în Stratele cu Inocerami și până la 21% în formațiunea de Izvor (Tab. II);

-în Stratele de Sinaia și Bistra din Unitatea de Ceahlău, entitățile litologice de tipul gresiilor, marnocalcarelor, siltitelor, brecciilor și microbrecciilor au o frecvență de 50-80%, iar în Formațiunea de Cotumba de 50-75%. De asemenea, frecvențe ridicate (60-70%) o au aceste entități în formațiunea șisturilor negre (orizontul superior);

BCU ȘTIINȚĂ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tab. II. Raporturi cantitative (%) între entitățile litologice elementare în flișul cretacic și paleogen (după cartări efectuate de C. Grasu,1971, C. Dinu, 1979)

Unitatea	Entități litologice elementare / Formațiuni litologice		Gresii	Argile marnoase	Marne	Marno - calcare	Siltite	Micro-breccii și breccii
Ceahlău	Formațiunea de Sinaia	Orizontul superior	25	50		15	5	5
		Orizontul mediu	30		20	40	5	5
	Formațiunea de Bistra	Orizontul superior	80	12 - 15		5 - 8		
		Orizontul inferior	40		30	20	10	
Teleajen	Formațiunea de Palanca		40	40 - 50			10 - 20	
			9 - 30	70 - 91				
	Formațiunea de Cotumba		50 - 75	25 - 50				
			50 - 60	40 - 50				
Audia	Formațiunea de șisturi negre	Orizont șistos cu lidiene	24	68		5 - 7		
			4 - 19	81 - 93		2 - 7		
		Orizont superior cu gresii glauconitice	60 - 70		30 - 40			
Tarcău	Formațiunea cu Inocerami		3 - 20	69 - 80	8 - 26			
	Formațiunea de Izvor			79		6		13 - 15
Vrancea	Formațiunea de Bisericani			100				

3.1.3. Formațiunile superficiale. In aprecierea proprietăților fizico-mecanice ale depozitelor provenite din aceste formațiuni ale substratului, în urma proceselor de distrugere, trebuie să se aibă în vedere faptul că, ele pot reflecta numai parțial proprietățile rocilor de proveniență. Aceste schimbări pot

BCU "ASTRA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

surveni și numai prin faptul că ele sunt transportate și relocate (caz frecvent în ariile cu structuri tabulare și monoclinale). Atunci când este posibil un amestec între diverse tipuri de depozite, aceste proprietăți vor fi total diferite. Sunt frecvente ariile de versant, mai ales în spațiile montane și de dealuri colinare, unde depozitele de cuvertură, cu grosimi foarte mari, sunt rezultatul transportului și acumulărilor repetate, petrecute în cicluri de modelare diferite. In acest caz problema reflectării proprietăților rocilor din substrat în depozitele superficiale este dificil de stabilit, timpul de evoluție fiind, credem noi, cel care și-a pus amprenta. Chiar dacă depozitele de cuvertură provin în urma derulării unui singur tip de proces, dar în cicluri repetate, ele pot să prezinte, atât cantitativ cât și calitativ, proprietăți total diferențiate.

In țara noastră sunt foarte puține cazurile când alunecările de teren, cel puțin la nivelul ultimului ciclu de recrudescență, să afecteze substratul. Ele s-au dezvoltat în depozite de cuvertură, mecanismele de producere și derulare a fazei dinamice fiind coordonate de proprietățile acestora.

Depozitele mobilizate de către alunecările de teren se numesc ***deluvii,*** termen preluat din literatura de specialitate francofonă. El a fost introdus de către *A. Riviere* în anul 1838 *(cf. M. Melou,1968)* care, prin *terrain* de *deluvium* înțelegea depozite remaniate prin solifluxiuni și care aveau în compoziția lor o matrice fină, în care se găseu încorporate blocuri de roci și pietrișuri.

Formațiunile de depozite superficiale sunt cele care suportă, în marea majoritate de cazuri, alunecările de teren din ultimul ciclu de recrudescență. Din acest motiv, credem că este util să luăm în discuție acest aspect.

Dacă în ariile afectate de proces, unde substartul prezintă o alternanță simplă de entități litologice elementare (argile și marne cu formațiuni nisipoase) situația acestora este cât de cât relevantă, mult mai complicată este problematica acestor depozite acolo unde, pe arii restrânse, apar o multitudine de faciesuri.

Intr-o accepțiune mai largă, formațiunile superficiale sunt constituite din sedimente și roci exogene sau vulcanice, rămase la interacțiunea litosferă-

BCU ASE CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

atmosferă-hidrosferă-biosferă, după punerea lor în loc, în domeniul continental, dispuse în una sau mai multe unități de grosime metrice sau decimetrice, cu sau fără relații genetice cu substratul, însă asociate cu evoluția reliefului actual, în care ele sunt expresia litologiei (*M. Campy; J.J. Macaire, 1989*).

Deși depozitele superficiale fac legătura între o vastă comunitate științifică, paradoxal, ele au fost studiate parțial, după interesul pe care-l prezintă pentru o parte sau alta, de către pedologi, arheologi, paleontologi, cartografi și, mai ales, de către geomorfologi și geotehnicieni.

Chiar dacă aceste formațiuni superficiale înglobează materialele elaborate la contactul substratului cu celelalte geosfere, ca urmare a proceselor erozionale, fizice și chimice, totuși definire lor ca entitate aparte și descifrarea proprităților lor este foarte greu de făcut. Datorită transportului, multe din aceste depozite au părăsit locul de formare și s-au acumulat în alte zone de versant, în care condițiile morfometrice le-au permis o stabilitate temporară. Aceste depozite le numim *alohtone*, spre a le deosebi de cele *autohtone* și de cele *paraautohtone* (produse de meteorizație în sens *J. Tricart, 1978; M. Campy, J.J. Macaire, 1989*), la care, transportul s-a executat doar pe verticală. Dacă depozitele autohtone ocupă, în cazul regiunilor de dealuri colinare și montane, arii restrânse, cele alohtone capătă cea mai mare extindere. Aici, asistăm la un amestec de mase de depozite de versant, astfel încât, se pot întâlni areale cu roca la zi, arii de versant în care procesul predominant este eroziune fizică și cea chimică și arii de versant în care depozitele, cu grosimi foarte mari, sunt rezultatul transportului și acumulărilor repetate prin procese de mișcare în masă și al proceselor de eroziune liniară și difuză. Pentru aceste ultime arii de versant, devine foarte greu de stabilit cronologia și interferența proceselor care au contribuit la acoperirea lor cu depozite de cuvertură. Acest lucru este vizibil în deschiderile naturale sau în foraje, unde se remarcă cu pregnanță caracterul lor alohton și unde, la constituția lor, participă depozite cu geneze diferite.

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

O altă problemă ridicată de aceste depozite de versant este aceea a *grosimii* lor. Pentru aprecierea acesteia ne vom folosi de foraje sau deschideri naturale. In încadrarea acestora la diferite clase de grosime, credem că este necesară utilizarea acelor clase folosite și drept criteriu de clasificare al alunecărilor de teren *(F.P. Savarenski, 1934; Indrumătorul I.C.H., 1972; Q. Zaruba, V. Mencl, 1974; D.Bălteanu, 1983).* Aceste limite variază între câțiva centimetri și 1,5 (2) m.; 1,5(2) - 5 m.; 5 - 10(15) m.; și mai mare de 10 (15) m. Luând în considerare criterii economice, ne-am oprit la trei clase de grosime: până la 2 m. (alunecări superficiale, ușor de intervenit pentru stabilizarea lor); 2- 5 m (alunecări de profunzime medie); și peste 5 m. (alunecări profunde, intervențiile pentru stabilizarea lor fiind foarte costisitoare).

Alunecările cu grosimi mai mici de 2 m sunt cantonate pe versanții care au suportat un singur ciclu de procese de mișcare în masă. De obicei, în zona montană, frecvența lor este mai ridicată în vecinătatea ariei interfluviale iar în zonele colinare ele reprezintă reactivări ale vechilor suprafețe cu alunecări. Existența mai multor cicluri de reactivare a vechilor alunecări a permis ca, în condiții morfometrice favorabile, să se acumuleze grosimi considerabile de depozite deluviale, de multe ori, mascate de depozite aluvio-proluvio-coluviale. Intr-un bazin hidrografic aceste grosimi cresc spre axa de drenaj și în același timp spre direcția de curgere a râului.

De asemenea, acest îndicator, cunoaște mari variații funcție și de litologia substratului, astfel că, pe strate unde predominața o dau rocile moi, grosimile cunosc valori mari în comparație cu stratele care au în structura lor roci cu duritate mare.

Granulometria depozitelor deluviale va reprezenta modul cum entitățile litologice participă la alcătuirea substratului, dar și felul în care, pe timpul de derulare a proceselor de mișcare în masă, aceste depozite sunt amestecate cu altele a căror geneză este diferită.

BCU CLUJ CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

Litologia substratului se va reflecta, în primul rând, în rapotul dintre racțiunea grosieră și matrice (fracțiune granulometrică mai mică de 1 mm în iiametru) care poate cunoaște valori diferite, funcție de participarea entităților tologice elementare la alcătuirea stratelor. De asemenea un indicator al cestei participări îl vom regăsi și în diametrul median (D_{50}) al depozitelor leluviale. Pentru exemplificare redăm mai jos un tabel cu principalele caracteristici fizice ale depozitelor deluviale din stratotipuri ale flișului intern și extern (Tab. III).

Se observă clar că, acolo unde predomină formațiunile argiloase, argilo-marnoase și marnoase, acest raport este de 1:1 până la 1:2, pe când acolo unde predomină gresiile, calcarele, marnocalcarele, acest raport ajunge a valori ce depășește chiar 1:20. O analiză atentă a granulometriei depozitelor deluviale ne poate reliefa și faptul că ele provin din cicluri diferite. Această diferențiere s-a pus în evidență în foraje situate la același palier altitudinal și la distanță mică unul de altul. O altă constatare este aceea că, funcție de litologie, mărimea fracțiunii scheletice diferă de la o zonă la alta.

Scheletul din cadrul masei deluviale, reprezintă fracțiunea care, prin supunere la efort mecanic, îi deranjează structura, facilitând o mai mare circulație a apelor deluviale și o eroziune chimică accentuată.

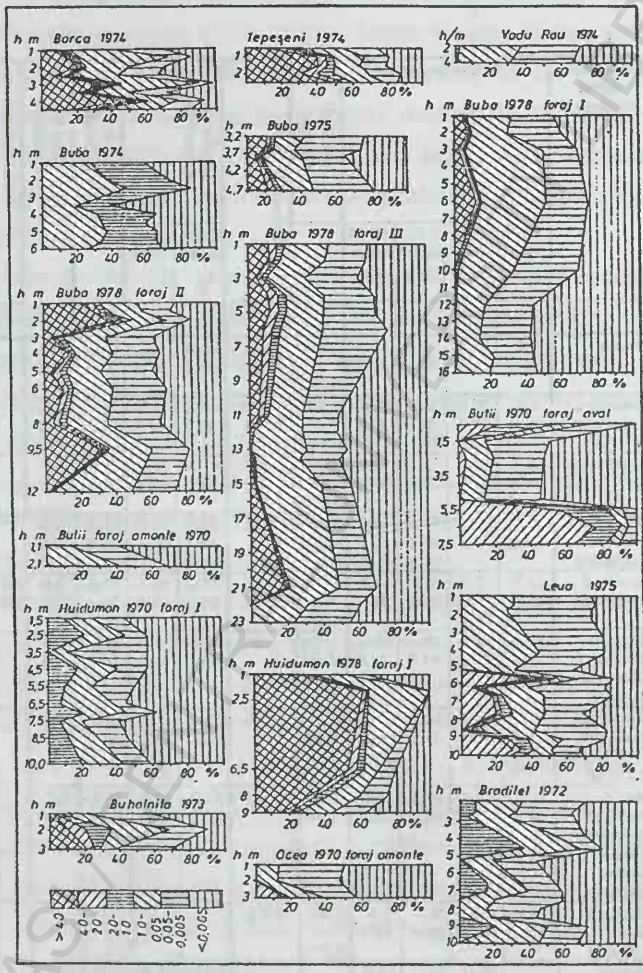
Totodată, în deluviile cu un procent ridicat de fracțiune grosieră și a unei afectări accentuate de către procese de mișcare în masă, se produce o micromorfologie cu totul deosebită față de cele omogene din punct de vedere granulometric. In mod deosebit interesează și mărimea fracțiunii grosiere care, la rândul ei, prezintă importanță în morfologia alunecărilor de teren Astfel, în deluviile grosiere, micromorfologia este mult mai fragmentată în raport cu cele cu mare uniformitate granulometrică.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

TABEL III. Caracteristici fizice ale deluviilor în raport cu formațiunile litologice elementare din aria flișului cretacic și paleogen.

Unitatea	Formațiunea litologică	Granulometrie				Diametrul median	Scheletmatrice	Limite de plasticitate		Indice de plasticitate	Indice de consistență	Porozitatea	Greutate volumetrică	Indice de activitate coloidală
		> 2,0 mm	2,0-0,05 mm	0,05-0,005 mm	<0,005 mm			Superioară	Inferioară					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ceahlău	Sinaia	1,0-40,4	24,8-35,0	15,3-31,3	18,5-31,3	0,014 - 0,094	1:1-1:2,5	36,5-45,0	13,7-17,2	21,3-31,3	0,8-0,9			
Telejen	Cotumba, Lutu Roșu	3,6-20,0	25,6-27,6	24,0-34,3	24,3-43,7	0,008 - 0,015	1:3, 3-1:21	45,5-49,0	16,5-19,1	29,0-30,0	0,5-0,9			1,1-1,9
Audia	Argile negre	14,5-37,6	7,5-31,4	12,1-27,0	19,0-45,0	0,005 - 0,023	1:1,4-1:4	47,8-57,5	15,4-21,5	32,4-36,0	0,7-1,0			0,9-1,1
Tarcău	Argile negre și Strate cu Inocerami	10,0-47,6	13,0-47,7	15,0-48,0	13,4-37,0	0,004 -0,03	1:53	30,3--34,5	10,7-20,4	14,1-23,8	0,5-1,0			0,7-1,8
	Strate cu Inocerami	12,7-27,1	12,4-35,5	9,9-30,5	14,6-48,2	0,003 - 0,024	1:0,7-1:43	37,4-55,2	15,2-19,8	20,8-36,4	0,8-0,9	40-70	1.61	0,6-3,5
	Strate cu Inocerami, Strate de Straja	10,9-27,2	10,9-48,3	19,1-41,0	40,5-44,5	0,003 -0,01	1:2	49,0-51,0	17,0-19,5	30,0-34,0	0,6-1,1			0,5-7,7
Vrancea	Strate cu Inocerami (Valea Sucevei)	10,4-31,0	29,4-64,8	14,9-17,3	13,3-26,9	0,008 -0,08	1:1,5	39,5-52,0	17,3-19,0	22,0-34,0	0,7-0,9			0,8-0,9
	Menilite, mame și gresii de Kliwa (Valea Bistritei)	0,0-32,0	36,1-71,0	24,9-43,0	0,9-18,8	0,03-0,08	1:7,3	33,0-35,0	15,0-17,0	16,0-20,0	0,7-0,9			2,5-9,3
	Strate de Gura Soimului	14,2-57,0	22,9-46,5	9,7-23,4	7,2-25,7	0,002 - 0,015	1:0,9							0,8-0,9
	Menilite, disodile, mame și gresii de Kliwa (Tasbuga)		25,0-55,0	15,0-50,0	15,0-57,0			25,0-49,0	14,0-19,0	21,0-29,0	0,6-1,1			1,0-7,0

BCU IASI / CENTRUL UNIVERSITAR LIBRARY


h m Borca 1974
Tepeşeni 1974
h/m Vadu Rau 1974
h m Buba 1974
h m Buba 1975
h m Buba 1978 foraj I
h m Buba 1978 foraj II
h m Buba 1978 foraj III
h m Butii foraj amonte 1970
h m Butii 1970 foraj aval
h m Huidumon 1970 foraj I
h m Huidumon 1978 foraj I
h m Leva 1975
h m Buhalnita 1973
h m Bradilel 1972
h m Ocea 1970 foraj amonte
20 40 60 80 %
>4,0
4,0-2,0
2,0-1,0
1,0-0,5
0,5-0,05
0,05-0,005
<0,005

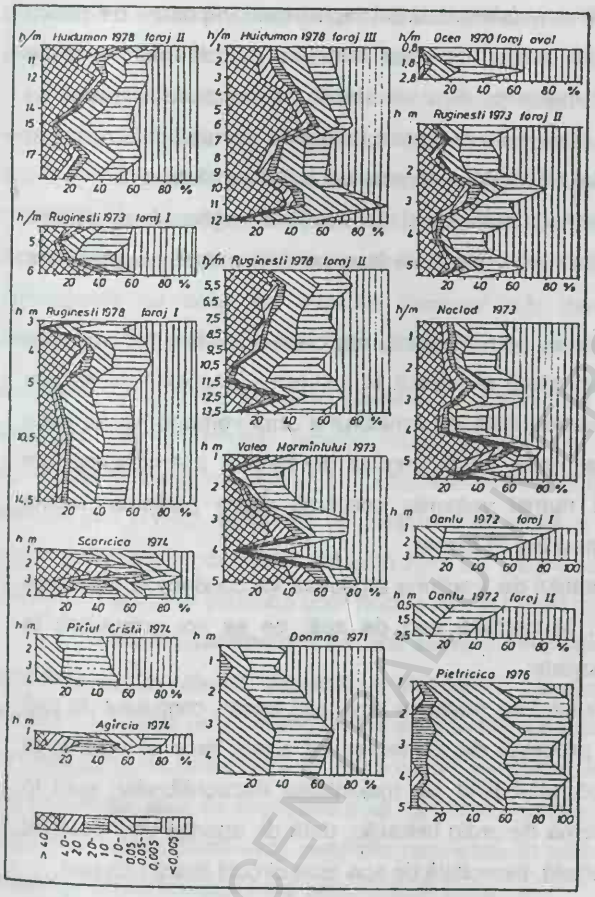


Fig. 4. Granulometria depozitelor deluviale din zona flișului cretacic și paleogen.

Caracterul mișcării de alunecare, ca și cel al micromorfologiei este dat de fracțiune fină (matricea), în special, de fracțiunea argiloasă conținută de acesta. In deluviile din valea Bistriței - zona flișului, conținutul în matrice a variat între 54 - 87%, diferențierile dintre ele fiind date de conținutul în argilă (fracțiunea mai mică de 0,005 mm în diametru) dar și de raportul dintre argilă-praf-nisip. Acest ultim raport conferă masei deluviale fine (matricei) caracteristici de plasticitate diferite, puse în evidență de *limitele plasticitate*, de

BCU "Al. I. CUZA" IAȘI UNIVERSITY LIBRARY

indicii de plasticitate și *de consistență*. Acest raport este important de stabilit pentru a se delimita unele praguri care vor demarca moduri diferențiate de manifestare a procesului mecanic, de a se stabili un mecanism probabil de declanșare al procesului și de a se prognoza timpul de evoluție dinamică. Din cercetările efectuate pe deluvii relativ omogene s-a putut constata că:

-un deluviu cu un conținut ridicat de fracțiune argiloasă va scădea viteza de infiltrare a apelor meteorice și va face posibilă apariția suprafețelor de alunecare;

-creșterea conținutului de fracțiune argiloasă va duce la creșterea densității uscate (compactitatea) și implicit la creșterea unghiului de frecare internă. El corespunde pantei limită de echilibrul a unui versant. Atunci când valoarea pantei este mai mare decât unghiul de frecare internă există un potențial dezechilibru și numai valoarea coeziunii dintre particole ferește versantul de procese de mișcare în masă);

-creșterea conținutului de fracțiune argiloasă va conduce la creșterea gonflărilor și retragerilor, la cantități mici de apă, ce se vor concretiza în destructurarea masei deluviale;

-creșterea conținutului de fracțiune argiloasă scade conținutul de apă de saturație, astfel că, procesul de alunecare își poate face apariția și la cantități mai mici de apă, știut fiind că, majoritatea dezechilibrelor, sunt în relație directă cu o problemă de ordin hidraulic, dată de apariția unui puternic exces de presiune interstițială, exercitată de apa care circulă liberă prin pori.

In cadrul proceselor de meteorizație, în scoarța de alterare se produce o creștere procentuală a mineralelor argiloase cu o rețea gonflabilă, în concordanță cu valorile mai ridicate ale capacității de schimb de baze și ale limitelor de plasticitate, ce le diferențiază net de roca de bază și care intensifică procesele de destructuralizare a acestora.

Plasticitatea deluviilor reprezintă raportul care se realizează între conținutul de apă liberă și componentele granulometrice ale lor. Reprezentând o mișcare plastică, alunecările se realizează, de fapt, între cele două limite de

plasticitate, inferioară și superioară, dincolo de care se vorbește de un echilibru morfodinamic sau de curgerea fluidelor.

Transformarea, din corp solid în corp plastic, a depozitelor de pe versanți, se produce pe măsură ce raportul dintre faza solidă și cea lichidă depășește o anumită valoare, de la care deformațiile produse la solicitări sunt realmente însoțite de modificari ale volumului (*I. Băncilă și colab., 1980).* Această valoare, determinată experimental în laborator de suedezul *Atterberg*, corespunde cu ceea ce întâlnim frecvent sub denumirea de *limită de frământare* (W_f). Prin depășirea acestei valori limită, în interiorul masei deluviale, orice creștere sau scădere a conținutului de apă va produce modificări ale volumului. Aceste modificări sunt în strânsă corelație cu conținutul de fracțiune argiloasă; cu raportul existent între această fracțiune și cele de praf și nisip. In funcție de conținutul de argilă și apă, deluviile, în stare plastică, își pot modifica forma (prin rolul de lubrefiant pe care-l joacă apa, particulele pot să-și schimbe ușor poziția una în raport cu alta).

Creșterea conținutului de apă liberă - *umiditate naturală* (*Wo*) poate modifica însăși starea plastică a deluviilor, transformându-le în curgeri noroioase. Acest prag, numit *limita superioară* de *plasticitate sau limita de curgere* (*Wc*), se realizează, în multe cazuri, pe corpul alunecărilor. asistând la un proces complex de modelare a lui. Scăderea conținutului de apă, din masa deluvială, poate transforma curgerile noroioase în alunecări de teren, atunci când acesta se menține între aceste două limite.

Aceste valori ale limitelor de plasticitate sunt frecvent stabilite în laborator de către tehnicieni, însă, fără o interpretare geomorfologică, aceea a dinamicii naturale, ele devin niște simpli indicatori *(J. Tricart, 1962*). Valorile acestor parametri sunt în strânsă dependență cu compoziția granulometrică a depozitelor deluviale și prezintă mari variații atât în suprafață cât și în profunzime. Ele se corelează și cu alți parametri ai deluviilor, ca de exemplu umiditatea naturală (Wo) ce reprezintă conținutul de apă liberă la un moment

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

dat.

Indicii de plasticitate (***Ip***) și *consistență* (***Ic***) reprezintă valori sintetice (adimensionale), aflate în strânsă corelație cu granulometria, starea de umectare și limitele de plasticitate a depozitelor deluviale. Indicele de plasticitate exprimă domeniul de plasticitate al deluviilor. In funcție de mărimea acestui indice, putem caracteriza deluviile după cum urmează:

-deluvii cu plasticitate mare și foarte mare, care au în compoziția lor granulometrică o cantitate ridicată de argilă, și un indice de plasticitate cu valori mai mari de 20;

-deluvii cu plasticitate mijlocie, cu un indice de plasticitate ce variază între 10 și 20, care au în compoziția lor granulometrică argile prăfoase și argile nisipoase;

-deluvii cu plasticitate redusă, cu un indice de plasticitate mai mic ca 10, și care au în compoziția lor granulometrică nisipuri prăfoase, nisipuri argiloase, prafuri argiloase.

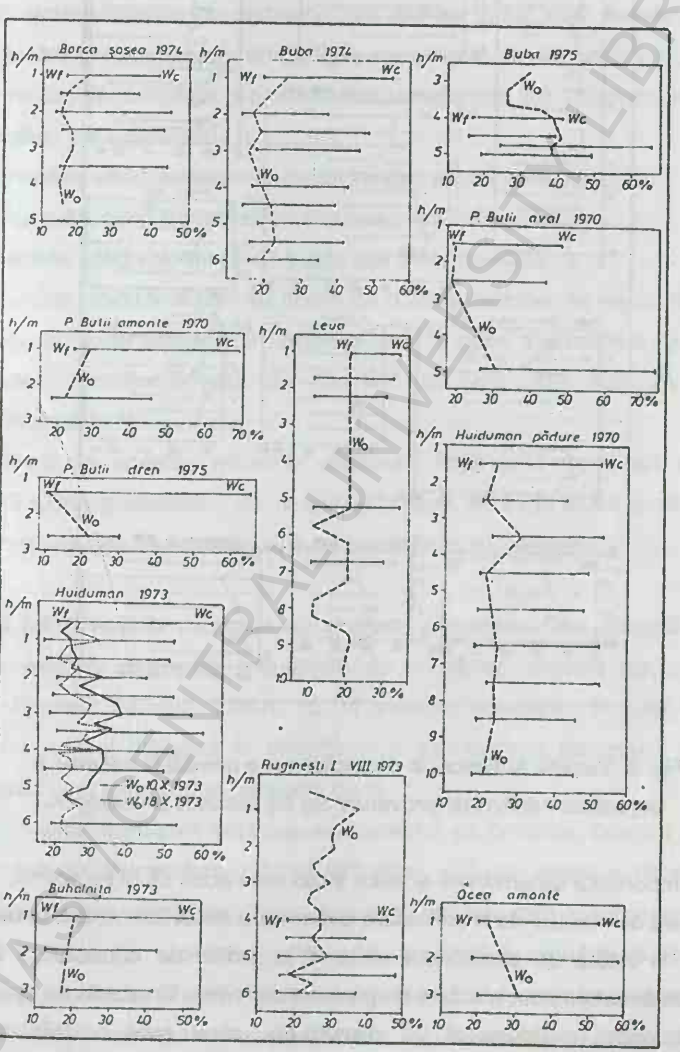
In natură, conținutul de apă liberă se găsește în depozitele deluviale în limitele *umidității de contracție* (***Ws***), umiditate care nu le modifică volumul și umiditate de curgere (Wc) care, depășită, face ca ele să se comporte ca un fluid vâscos. Raportul în care se găsește apa liberă le determină variațiile de volum și deformațiile care survin în urma solicitărilor, dar mai ales starea fizică de consistență. După valoarea indicelui de consistență (mărime adimensională) deluviile pot fi:

-plastic curgătoare, când valorile indicelui de consistență variază între 0 și 0,25;

-plastic moi până la plastic consistente când valoarea acestui indice variază între 0,25 și 0,75;

-plastic vârtoase și tari, când valorile acestui indice variază între 0,75 și 1 s-au sunt mai mari ca 1.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

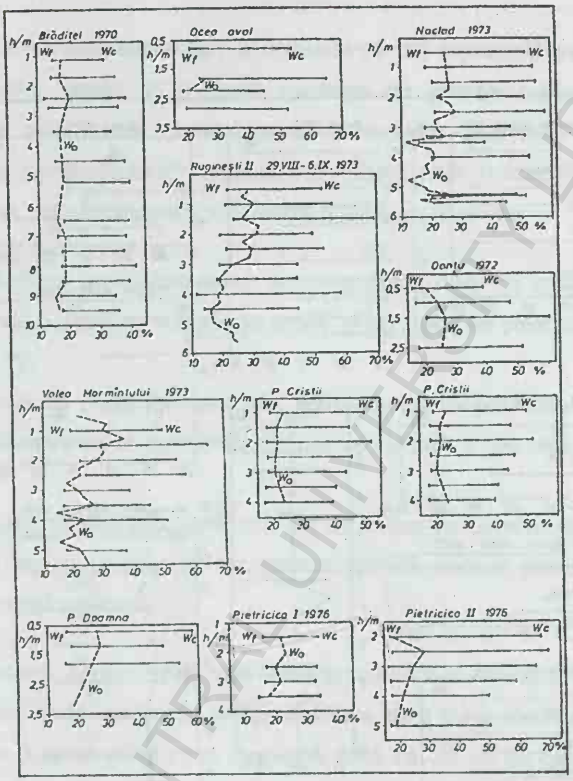


Fig. 5. Variația limitelor de plasticitate și a umidității naturale a depozitelor deluviale provenite din fliș cretacic și paleogen.

Importanța determinării acestor indici este aceea că ei ne pot da, pentru un moment dat, modul de manifestare dinamică a deluviilor. Astfel, la umidități scăzute, la indice de plasticitate mare și la indice de consistență scăzut, depozitele deluviale sunt afectate de procese de creep. Creșterile de apă liberă le poate duce în domeniul de plasticitate, când sunt posibile apariția alunecărilor de teren, iar depășirea limitei superioare de plasticitate le poate transforma în curgeri noroioase.

BCU Iași / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Un alt parametru sintetic, calculat pe baza analizelor de laborator, este acela al raportului dintre indicele de plasticitate și procentul din greutatea fracțiunilor granulometrice cu diametrul mai mic de 0,002 mm. Acesta a fost calculat pentru prima dată, în anul 1953, de către A.W. Skempton și a fost denumit *indice de activitate coloidală* (*Ac*). In funcție de mărimea acestui indice, argilele pot fi clasificate în:

-inactive, când valoaarea acestui indice variază între 0 și 0,75;

-normale, când Ac are valori cuprinse între 0,75 și 1,25;

-active, când valoarea lui Ac este mai mare de 1,25.

Analiza acestui indice ne poate da o caracterizare, fie ea sumară, a mineralelor argiloase existente în deluvii. Astfel, la valori mai mari de 1,50 , se face prezent montmorillonitul de Ca, iar la cele mai mari de 7,20 montmorillonitul de Na.

Prezența acestor minerale argiloase furnizează informații asupra faptului că există posibilitatea ca, în prezența apei, să se producă gonflări, iar rezistența terenurilor, la suprasarcină să se diminueze considerabil.

3.1.4. Mișcările verticale ale scoarței și cutremurele. Alunecările de teren nu sunt, în aparență, influențate de mișcările verticale ale scoarței terestre. Spunem aparent, pentru că, în evoluția versanților în timp istoric, aceste mișcări pot contribui la pregătirea și declanșarea procesului sau la accentuarea unor microforme generate de el.

Influența mișcărilor verticale ale scoarței se produce, credem noi, la nivelul zonei de desprindere, situată altitudinal, cel mai aproape de culmea interfluvială. Intr-o primă fază,declanșarea alunecării, prin energia de care dispune, în zona de rupere a echilibrului versantului, marchează zona de desprindere, cu forme și înălțimi variate. Din zona de desprindere, alunecarea se alimentează permanent, sau, cel puțin, în faza incipientă, cu material deluvial, fapt care duce la conturarea acesteia și la marcarea ei altitudinală. De aici materialul desprins este evacuat, cu viteze diferite, spre alte zone ale

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

versantului unde, condițiile morfometrice le permite acumularea.

Dacă zonele de desprindere, ca de altfel tot arealul nederanjat al versantului, vor suporta mișcări verticale de înălțare sau coborâre, suprafața alunecării, deși evoluează în același regim, va avea un ritm mai scăzut, în cazul mișcărilor pozitive, sau mai accentuat, în cazul celor negative.

Un exemplu în acest sens este oferit de aria flișului, la nord de Trotuș, unde, *I. Cornea și colab.,1973*, au stabilit mișcări verticale de ridicare a Carpaților Orientali cu amplitudine medie anuală de 5-6 mm, pentru zona centrală, cea a văii Bistriței. Ridicarea, aproximată de autorii citați, se înregistrează în zone neafectate de alunecări de teren, pe când cele afectate de proces au tendința de scădere altitudinală, accentuată de rata mare a denudației. In cazul văii Bistriței, în bazinul cu alunecări Huiduman, pentru o suprafață de versant de 0,54 km^2, s-a determinat o rată medie anuală de denudație, atunci când suprafața de alunecare este situată la adâncimea de 20 m, de 40 mm/an. Deci pentru această arie a versantului, mișcarea de înălțare a scoarței este anihilată de procesul de alunecare, producându-se anual o scădere altitudinală de 34-35 mm. Același lucru se întâmplă, în toate situațiile, unde alunecările de mari suprafețe și adâncimi au fost în activitate dinamică pe o perioadă mai lungă de timp și unde, în imediata vecinătate a zonei afectate se află arii de lăsare lentă a scoarței terestre.

Spre deosebire de celelalte procese denudaționale ce au continuitate în timp, evoluția dinamică a alunecărilor de teren se reduce la o perioadă scurtă de ani, cel mult 10-15, după care urmează perioade de echilibru morfodinamic, când procesul suferă o relativă liniștire. Reluarea procesului, într-un nou ciclu, devine puțin probabilă la aceeași scară de intensitate și pe același areal, astfel încât, această descreștere se resimte numai pentru o perioadă limitată de timp.

Accentuarea zonelor de desprindere, prin mișcări de ridicare și prin denudația produsă de alunecări, face ca, în timp, marcarea în relief a culmilor interfluviale, față de zonele de acumulare deluvială să fie cât mai clară. In acest

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

fel se pune tot mai clar în evidență ruperea de profil realizată între cele două zone ale versantului modelate prin alunecări de teren.

Cutremurele de pământ se pot constitui în cauză declanșatoare a alunecărilor de teren. Efectele lor asupra stării de stabilitate a versanților poate varia mult în relație cu condițiile geologice și geomorfologice dar și cu parametrii seismici. Ele trebuiesc privite însă sub două aspecte.

In primul rând, șocul produs, prin energia eliberată de cutremur, poate declanșa imediat procese de mișcare în masă, cu multiple aspecte de evoluție (surpări, prăbușiri, curgeri de pietre, alunecări de teren, curgeri de noroi). Așa au fost cazurile marilor cutremure petrecute în lume în perioada istorică (*D.K. Keffer și colab., 1979)* care au declanșat, în perioada imediat următoare producerii lor, mari deplasări. Au fost afectate depozite de versant neconsolidate (grohotișuri) dar și roci sedimentare neconsolidate sau slab consolidate.

In al doilea rând, prin deranjarea structurilor geologice, prin apariția de fisuri, crevase și falii, prin lichefierea nisipurilor, se pot creea condiții favorabile declanșării, într-o etapă următoare, a unor astfel de procese.

Declanșarea alunecărilor de teren este în funcție de magnitudinea cutremurului, de durata lui de manifestare, dar și de alcătuirea litologică a zonelor în care se produc sau a celor prin care se propagă undele seismice. Apariția procesului de alunecare, în cazul cutremurelor de pământ, este legată de reducerea rezistenței depozitelor în condiții de solicitare seismică, de pierderea coeziunii prin creșterea presiunii apei din pori. Reducerea eforturilor unitare efective, determinată de creșterea presiunii apei din pori, face ca rezistența,datorită frecării dintre particulele ce pot fi mobilizate, să scadă apreciabil. Declanșarea alunecărilor de teren nu este legată, în cazul seismelor, numai de existența unor pante accentuate.Ele sunt declanșate, în principal, de creșterea forțelor active și nu de reducerea rezistenței la forfecare pe planul de alunecare *(St. Bălan si colab., 1982)*.

BCU IASI - BIBLIOTECA UNIVERSITARA LIBRARY

Seismul, prin evoluția lui extrem de rapidă, poate duce la o declanșare în lanț a unor alunecări de teren, într-un timp apropiat sau mai îndepărtat producerii lui. Prin faptul că, atât alunecările cât și celelalte procese de mișcare în masă, sunt de mare amploare pe teritoriul României, atrag după ele accelerarea și altor procese denudaționale, având drept consecință apariția unei stări generalizate de instabilitate la nivelul unui teritoriu întins.

Majoritatea cercetătorilor, care au studiat procesele de alunecare ce au apărut în urma seismelor, au ajuns la concluzia că, cutremurele de pământ cu magnitudine mai mică de 6,0, nu produc fenomene de mare amploare. Analizând distribuția, istoria și riscul alunecărilor produse în timpul cutremurelor de pământ în China, *F. Xue-Cai și G. An-Ning, 1986*, au arătat că la magnitudini mai mari de 7 procesul se produce la scară mare, dimensiunile lui fiind considerabile. In timpul seismelor de asemenea amploare se înregistrează un număr mare de alunecări, cu o mare densitate pe unitatea de suprafață, cu viteze de deplasare mari și foarte mari. Seismele cu magnitudine mai mică de 5 grade sunt cauzatoare de alunecări de teren care au o arie de răspândire, la nivelul Chinei, foarte mare dar au dimensiuni mici, sunt puțin numeroase și produc puține daune. Aceiași autori atrag atenția, însă, că în zona de loess, chiar cutremure de intensitate redusă (2,9 grade magnitudine) pot provoca alunecări de teren ce se pot solda cu pierderi. Ele, însă. pot pregăti o evoluție dinamică accentuată atunci când, după producerea lor, intervin și alte cauze. declanșatoare, ca de exemplu, precipitații bogate (*W.W. Hays, 1981; D.K. Keffer și colab., 1979; T.H. Nilsen ; E.E. Brabb, 1977).*

Relatând efectul cutremurului din 23 noiembrie 1980,produs în Italia, *V. Cotecchia și G. Nuzzo, 1986*, au constatat că daunele cauzate stării de stabilitate a versanților au fost agravate de condițiile meteorologice din sfârșitul lunii cât și de cele de la început de decembrie, când au căzut precipitații abundente. Precipitațiile, în acest caz, nu mai constituie un factor cauzal, ci unul de agravare a dinamicii alunecărilor existente sau care s-au produs în timpul seismului.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In România, efectele cutermurelor de pământ se resimt diferențiat, funcție de natura litologică a zonelor traversate de undele seismice. Astfel cele mai mari efecte le au seismele în zonele subcarpatice și de podiș, situate în afara arcului carpatic, unde, după cutremurul din 1977, s-au inregistrat și cele mai mari daune. In spațiul flișului carpatic, efectele au fost slabe, iar în multe zone nici nu s-au evidențiat mișcări, în perioada imediat următoare cutremurului. Explicația ar fi că, producerea seismului s-a suprapus peste o perioadă secetoasă și că magnitudinea lui, s-a diminuat mult la traversarea structurilor flișoide, astfel că la seismografele amplasate în barajul de la Izvoru Muntelui nu a depășit 6,0 grade magnitudine.

3.1.5.Cauze climatice, cu privire specială asupra precipitațiilor. Fiind un proces denudațional, la declanșarea și evoluția căruia apa joacă un rol deosebit, între cauzele alunecărilor de teren, precipitațiile contribuie substanțial la menținerea stării de umectare a depozitelor puse în mișcare și implicit la declanșarea lui. Dacă în regiunile reci și cele foarte secetoase acțiune apei, ca agent de modelare se manifestă redus, iar în zonele unde apa este un numitor comun a tuturor proceselor, ea este aceea care comandă repartiția lor *(J. Tricart, 1977).* Apa pătrunsă în depozitele de versant sau în roci le schimbă, nu numai greutatea ci și proprietățile lor fizice și chimice.

La trecerea de la sezonul rece la cel cald și invers, când, pentru o perioadă de timp, temperaturile zilnice variază în jur de 0°, apa provenită din precipitații și din topirea zăpezilor, prin pătrunderea în fisuri și în porii rocilor și apoi prin îngheț, duce la scimbarea structurilor din masa deluvială. In acest mod are loc mărirea fisurilor, suprafețele de contact direct cu apa crescând, dar și la o creștere a cantității înmagazinate.

Lipsa unei cantități de apă, mai ales în depozitele argiloase, duce, în perioada cu temperaturi pozitive, la crăpături care, în perioadele umede au același efect. Acest efect este accentuat și de eroziunea fizică și chimică exercitată de agent în timpul infiltrațiilor.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Atunci când, alunecările de teren s-au constituit în subiect de studiu, autorii au acordat o atenție deosebită efectului precipitațiilor asupra stabilității versanților. In declanșarea și menținerea dinamică a unor întinse suprafețe cu alunecări, precipitațiile au un rol deosebit. S-a evidențiat faptul că numărul de alunecări de teren, declanșat într-un ciclu de recrudescență a procesului, este direct proporțional cu cantitatea de precipitații căzute (*M. Govi și colab., 1982; M.J. Crozier, 1986).*

Analiza acestei relații trebuie însă făcută pe perioade mari de timp, știut fiind că durata perioadei cu ploi este foarte importantă în producerea alunecărilor (*T. Nilsen, P.Turner, 1975; T. Glade, 1997).* In literatura de specialitate se evidențiază faptul că numărul de alunecări declanșate este cu atât mai mare cu cât perioada cu precipitații este mai lungă și cu cât ea se suprapune peste o stare fizică, a depozitelor afectate, care favorizează procesul. In aceste condiții, în masa depozitelor de versant, se realizează o stare de supraumectare care va cauza o scădere a unghiului de frecare internă și o pretabilitate mare la alunecări *(J. de Ploey, 1981).*

Frecvența mare a procesului poate fi explicată și ca efect indirect al ploilor, prin migrarea unor coloizi și minerale argiloase în josul profilului sau în josul versanților, contribuind astfel la apariția suprafețelor de alunecare. S-á evidențiat faptul că, sub aspectul cantității de precipitații căzute, procesul de alunecare se realizează la anumite cantități, de obicei mai mari, când ploile survin după o perioadă secetoasă, și, la cantități mai mici când ploile se produc după topirea zăpezilor sau după o perioadă ploioasă mai lungă.

Avându -se în vedere situația faptică (înregistrările de ploi, observații asupra evoluției spațiale a procesului la nivelul întregii țări, informații din cronici, informații de la populație) putem afirma că, la nivelul României, procesul de alunecare a avut o perioadă de recrudescență, de mare amploare, de aproximativ 30 de ani și că, ea a fost legată de producerea unor precipitații cu caracter deosebit.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Totuși, limitele cunoașterii pot fi extinse prin aprecierile care se fac în cronici asupra regimului precipitațiilor. Pe bază de înscrisuri, *N. Topor, 1964*, remarcă ciclicitatea producerii unor ploi cu caracter deosebit. Astfel sunt citate perioade de maximă pluviozitate 1313-1317; 1342; 1370; 1404; 1456-1457; 1490; 1526-1533; 1593; 1618; 1668; 1716; 1783; 1805; 1831-1837. In anul 1846 ploile urmează una după alta în toată Moldova. Din date certe, autorul sus menționat, arată că perioada anilor 1859-1860 a fost deosebit de umedă, ca, de altfel și cea a anilor 1893-1897, ani care au dus la o maximă extindere a procesului de alunecare la nivelul întregii Europe (*R. Dikau și L. Schrott, 1997).* Dintre alunecările declanșate atunci, autorii citați spun că numai 15% au avut drept cauze cutremurele de pământ și că 30% se datorează unor evenimente climatice cu caracter deosebit - precipitații.

Au urmat apoi perioada anilor l912 -1915, când ploile căzute au depășit cu mult mediile multianuale și când s-au declanșat alunecări care au produs mari daune. In literatura de specialitatea este citată alunecarea de la Piatra Neamț, care a distrus o parte din oraș, amplasată sub muntele Cozla *(I. Dandescu, 1932-1933).* De fapt tot atunci s-au declanșat și o serie de alte mari alunecări în zona flișului carpatic (Vârlan, Buba, Huiduman - Grozăvești) sau din cea subcarpatică (Lacul lui Baban-Gura Caliței).

Analiza precipitațiilor (medii glisante pe 3 ani) pe care am efectuat-o pentru zona munților flișului, a scos în evidență următoarele perioade cu exces de umiditate: 1895-1899; 1909-1913; 1936-1942; 1969-1974, ce au alternat cu perioade secetoase sau foarte secetoase (1890-1894; 1902-1905; 1923-1935;1942-1946;1960-1967).Dintre perioadele cu excedent pluviometric, cea cuprinsă între 1909-1913 a avut, pentru zona Piatra Neamț, un excedent de aproape 300 mm (fig. 6).

Pentru producerea și menținerea în activitate dinamică a alunecărilor de teren un rol deosebit îl are regimul precipitațiilor. In intervalul rece al anului (octombrie-martie) cad cantități reduse de precipitații. Tot acum, frecvența alunecărilor este redusă, iar la cele aflate în fază dinamică, se constată o

diminuare considerabilă a deplasărilor. In zona montană, în această perioadă cad precipitații care însumează doar 9%- 35% din cantitățile mediii multianuale.

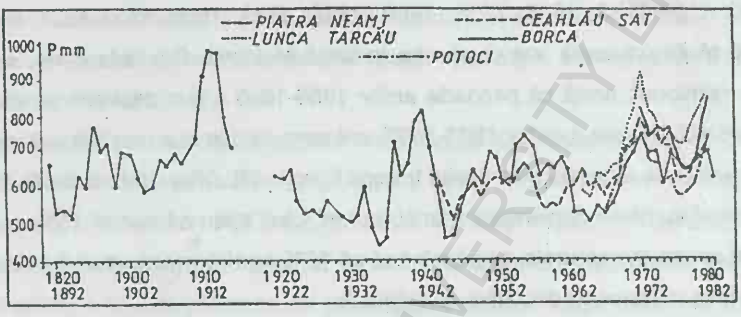


Fig. 6. Precipitații căzute în aria flișului-valea Bistriței (medii glisante pe trei ani)

Mare parte din ele se stochează pe versanți, sub formă de zăpadă, care persistă o perioadă ce poate dura până la aproximativ 2/3 din an, constituindu-se ca o rezervă de apă, care, în aria montană, este cedată treptat, contribuind la creșterea umidității depozitelor prin aportul de apă dat de precipitațiile din sezonul cald. Investigațiile noastre ne-au condus la concluzia că această rezervă de apă din zăpadă este distribuită neuniform iar cedarea ei se face treptat, contribuind la o bună alimentare a depozitelor de versant asigurându-le excesul de umiditate necesar declanșării alunecărilor (fig. 7).

Precipitațiile din sezonul cald al anului sunt însă, cele care-și pun, în mod deosebit amprenta asupra procesului de alunecare. Trecerea temperaturilor peste 0°, produsă în lunile martie și aprilie, favorizează infiltrațiile treptate, odată cu dezghețarea solului. Procesul, produs lent, duce la supraumectarea deluviilor, cu avansare treptată, în concordanță cu dezghețul. Acum se produc o serie de alunecări de tip solifluidal.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

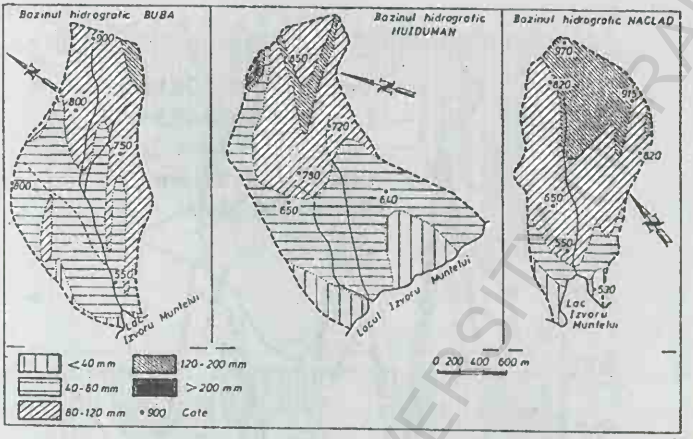


Fig. 7. Rezerva de apă din stratul de zăpadă în anul 1973

Tinând cont că acest proces de supraumectare este continuat de ploile de primăvară și vară, când cad aproximativ 60 - 80% din cantitatea medie multianuală de precipitații, am găsi o explicație a frecvenței procesului în acest sezon și a faptului că acum se înregistrează și cele mai mari valori ale vectorului deplasării.

Abundența ploilor din sezonul cald este marcată și de caracterul lor de torențialitate. Precipitațiile maxime în 24 ore se pot constitui în prag declanșator al procesului de alunecare sau de accelerare a vitezelor de deplasare, în cazul celor aflate în fază dinamică (fig. 8).

Pentru manifestarea dinamică a procesului de alunecare, interesant este modul cum se reflectă cantitatea și regimul precipitațiilor în proprietățile fizice ale deluviilor, respectiv în starea de umectare. Măsurătorile simultane de precipitații și umidități naturale a depozitelor deluviale, efectuate pe alunecări active, au evidențiat faptul că perioada cu cea mai mare umiditate a deluviilor este aceea de început a intervalului lunii aprilie și până în iunie, când precipitațiile se adaugă infiltrațiilor produse din topirea zăpezilor.

BCU IAȘI / CENTRU UNIVERSITAR LIBRARY

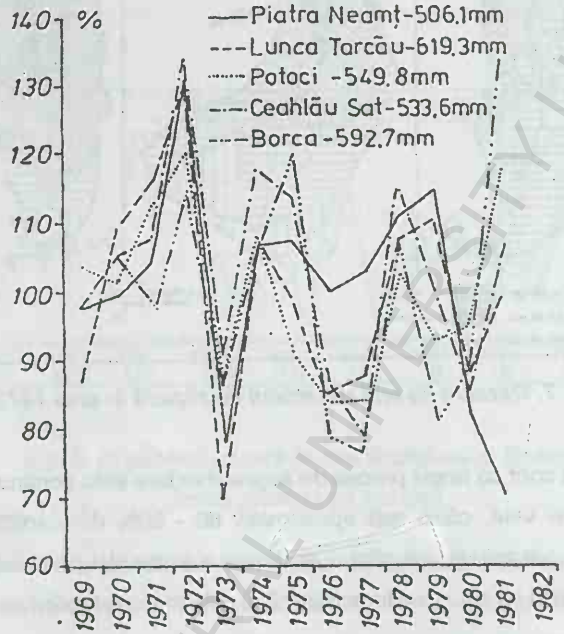


Fig. 8. Variația cantităților anuale de precipitații în raport cu media multianuală

În ultima parte a intervalului s-a constatat o scădere a umidității naturale a deluviilor (fig. 9).

Ecartul de variație a umidității a variat între 20-25%, în cazul unor deluvii predominant argiloase, și de până la 35%, în cazul depozitelor cu un conținut ridicat de fracțiune nisipoasă. Ploile căzute în cele două zone cu alunecări a influențat, în mod direct, doar pătura superficială a lor. Pe această profunzime are loc cel mai intens schimb de apă, sub influența regimului termic și al transpirației plantelor.

BCU "ALEXANDRU IOAN CUZA" UNIVERSITY LIBRARY

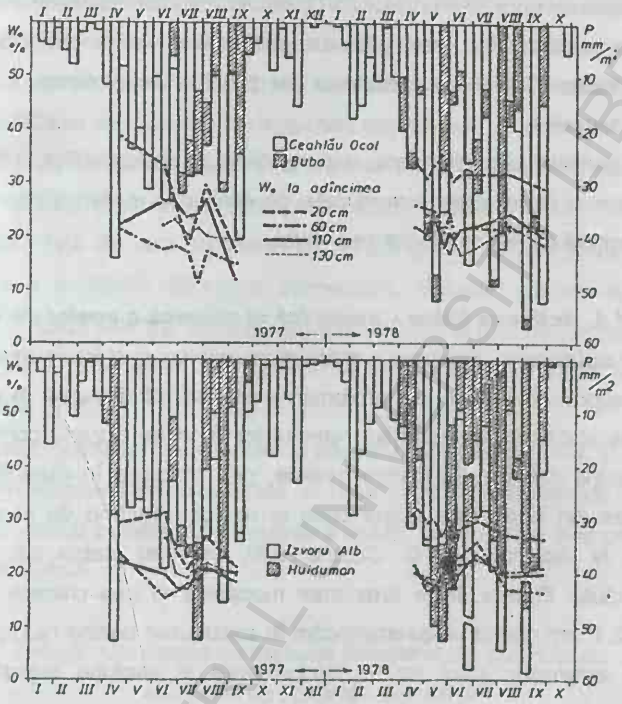


Fig. 9. Variația umidității naturale a deluviilor (Wo) în funcție de regimul precipitațiilor atmosferice

Grosimea acestei pături variază funcție de compoziția granulometrică, ea fiind cuprinsă între 40 și 60 cm. Intre 60 și 90 de cm se află o zonă de tranziție, cu umiditate relativ constantă, mai scăzută, față de zona superficială, cu 10%. Sub adâncimea de 100 cm, umiditatea deluviilor nu mai suportă influența regimului diurn al precipitațiilor, schimbul cu atmosfera fiind practic anulat. La adâncimi mai mari de 100 cm, umiditățile naturale ale deluviilor sunt mai ridicate față de cele de la adâncimea de 50-60 cm, în special în anii secetoși. Sub această adâncime, în profunzime, în regimul umidităților naturale ale deluviilor un rol deosebit îl joacă precipitațiile sezoniere sau apele deluviale, cu dezvoltare areală, disjunctă.

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Gruparea unor zile cu ploi (3-7), ce au însumat cantitativ 50-130 mm face ca aceste diferențieri, între pătura superficială și cea de profunzime să se reducă la numai 5-15%, realizîndu-se pe profil o uniformizare a umidității naturale a deluviilor.

In concluzie, credem noi, regimul diurn al precipitațiilor, influențează numai dinamica alunecărilor superficiale, pe când cea a alunecărilor profunde este coordonată de regimul lunar sau anual.

3.1.6. Acțiunea fizico - mecanică și chimică a apelor de suprafață și a celor subterane. Evaluarea eroziunii mecanice și chimice exercitate de apele de suprafață și cele de profunzime are un rol deosebit în evaluarea gradului de stabilitatea versanților, efectul lor fiind de durată, contibuind, în cazul eroziunii chimice, la destructurarea, prin trecerea în disoluție a unor componente din depozitele superficiale și rocilor. Plecând de la aprecierile făcute de *N. Apetroaie și C. Catană,1980*, care au stabilit că, la nivelul bazinului râului Bistrița, între eroziunea mecanică și cea chimică există un raport de 2:1, am căutat să exemplificăm în cazul unor bazine hidrografice, de mai mică amploare, rolul lor în declanșarea și evoluția suprafețelor cu alunecări.

Ne-am folosit de măsurători efectuate pe drenuri, care au traversat, în mare parte, întreaga cuvertură de depozite superficiale; de izvoare, dar și de analize efectuate pe rețelele de drenaj natural. Frecvența măsurătorilor a fost corelată cu regimul precipitațiilor atmosferice, și, în general, s-a urmărit înregistrarea celor mai reprezentative situații, pe o perioadă de timp ce s-a extins între anii 1973 și 1978.

Prezența drenurilor, în fiecare din cele trei bazine, în partea inferioară a lor, ne-a permis să evaluăm cantitatea de material îndepărtată în soluție de apele subterane. Pentru calculul volumului am folosit densitatea aproximativă de 2,5 t/m^3 (*J.Corbel, 1964*). Din volumul materialului îndepărtat de apele de suprafață (Tab. IV) și de cele subterane (Tab.V), în suspenie și în soluție, am calculat eroziunea mecanică și chimică, în mm/an, redată în tabelul VI.

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Variațiile valorilor eroziunii în cele trei bazine este neînsemnată, datorită condițiilor de morfometrie asemănătoare. Cel care a introdus diferențieri, în eroziunea chimică, a fost substratul geologic, ale cărui proprietăți fizice și chimice se regăsesc și în depozitele superficiale.

Valoarea eroziunii totale este de trei, până la patru ori mai mare în deluviile provenite dintr-un substrat predominant argilos (bazinul Buba, argile roșii și verzi) față de cea efectuată pe deluvii provenite din strate cu mare variabilitate a entităților litologice elementare. Valorile ridicate al eroziunii mecanice, în toate cele trei bazine, se poate explica și prin marea întindere pe care o au alunecările active, ale căror frunți ajung, de multe ori, la rețeaua de drenaj natural (Tab.VI).

Același lucru se poate spune și despre eroziunea chimică, în sensul că drenurile investigate sunt amplasate în zone foarte frământate de alunecări, fapt care a facilitat o puternică circulație a apelor de infiltrație, atât pe verticală cât și pe orizontală.

Tab. IV. Cantitatea de material transferat din bazinele cu alunecări de apele de suprafață

Bazinul Hidrografic	Perioada de observatie	Material in suspensie		Material in solutie	
		tone	m^3	tone	m^3
Buba	1973	212	85,0	106	42,4
	1974	186	74,4	93	37,2
	1978	234	94,0	117	46,8
Huiduman	1973	309	124,0	154	61,6
	1974	312	125,0	156	62,5
	1978	326	130,4	163	65,2
Naclad	1973	194	77,6	97	38,8
	1974	186	74,4	93	37,2
	1978	236	94,4	117	47,0

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tab. V. Volumul de apă drenat din apele subterane, cantitatea de săruri și substanță îndepărtată în soluție

Bazinul hidrografic	Perioada de observatie	Volumul de apa drenat m^3	Saruri dizolvate mg/l	Substanta indepartata in solutie	
				tone/an	m^3/an
Buba	1973	19347	358	7	2,8
	1974	30374	264	8	3,2
	1978	37097	326	12	4,8
Huiduman	1973	5445	370	2	0,8
	1974	4825	273	1	0,5
	1978	13928	418	6	2,3
Naclad	1973	7306	399	2,9	1,2
	1974	12719	252	3,2	1,3
	1978	9198	363	3,3	1,3

Tab. VI. Valoarea eroziunii mecanice, eroziunii chimice și a eroziunii totale în bazinele cu alunecări Buba, Huiduman și Naclad

Bazinul Hidrografic	Eroziune de suprafata 10^{-2} mm/an		Eroziune subterana	Eroziune totala
	mecanica	chimica	10^{-2} mm/an	
Buba	5,12	2.56	o,22	7,90
Huiduman	5,50	2,77	0,05	8,32
Naclad	5,38	2,68	0,08	8,14

3.1.7. Efectul vegetației asupra stabilității versanților trebuie privit nu numai ca sistem natural de ancorare a păturii superficiale, pe care o acoperă, ci și prin rolul ei de moderator al regimului unor elemente climatice și de regulator al bilanțului hidric din sol.

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In suprafețele cu pădure, temperatura aerului este mai scăzută vara, ceea ce, împiedică evaporația apei din sol. De asemenea, prin rolul ei de moderator al vânturilor, pădurea împiedică o bună ventilație, astfel încât solul își păstrează o umiditate mai ridicată, în rapot cu zonele vecine, fără vegetație forestieră.

Sistemul radicular, pe lângă rolul lui de ancorator al cuverturii de depozite de versant, îl are și pe acela de a drena. Numai că, așa cum remarcau *Q. Zaruba și V. Mencl, 1979,* o evapotranspirație, relativ mare, duce la creșterea stressului la forfecare, și, implicit la instabilitate. Impădurirea, în accepția celor doi autori, este însă benefică numai pentru o cuvertură deluvială subțire. Calitatea pădurii va imprima, proceselor de retenție și infiltrație, modalități diferite de desfășurare.

Vegetația forestieră stabilizează zonele supuse riscului de alunecare, prin reglarea bilanțul hidric din sol, prin reținerea precipitațiilor în coronament și în litieră, ca și prin marele consum de apă. S-a estimat că, într-o pădure de fag, consumul de apă este de 11 m^3/ha/zi, iar într-o pădure de pin silvestru de 3 m^3/ha/zi. In același timp, se estimează că un hectar de pădure conține zilnic în țesuturi 3000 kg apă (*V. Dinu, Al. Tebeica,1961).*

Studiind reținerea precipitațiilor atmosferice în coronamentul unor păduri de Pinus silvestris și Pinus nigra, specii folosite la împădurire, în 50% din cazurile cu terenuri degradate, P. Abagiu,1950, a constatat că intercepția în coronament, la o pădure de 25 de ani (consistență 1,0) crește de la 1,63 mm la 12,33 mm, când ploaia crește de la 5 mm la 35 mm.

In general, valorile intercepțiilor în coronament țin și de vârsta arboretului. S-a constatat, prin măsurători experimentale, că intercepția este mai mare la arborii cu vârste de până la 35 ani, ca apoi ea să scadă la cei a căror vârstă se apropie de 60 ani.

De asemenea, în păduri, se constată o reținere diferențiată a precipitațiilor solide, iar cedarea apei stocate în zăpadă este de asemenea făcută diferențiat. Astfel, într-o pădure de fag, grosimea stratului de zăpadă

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

este, în medie, de 3 ori mai mare decât în pădurile de molid.

In pădurile de fag ajunge la sol 84% din cantitatea de zăpadă căzută, față de 32% cât ajunge în pădurile de molid. In comparație cu locurile deschise, fără pădure, topirea stratului de zăpadă se face cu o întârziere de 25 de zile în pădurile de molid; în 15 zile, în pădurile de pin și numai în 8 zile, în pădurile de foioase *(V.I. Rutkovski, 1958, citat de V.Dinu, Al.Tebeica, 1961)*.

Și scurgerea în suprafață diferă mult între versanții cu păduri și cei fără. Se apreciază că, din ploile torențiale, se scurg în proporție de 73,9 % pe terenurile neacoperite, 62% pe cele cu pășune, 43,7% în pădurile cu consistență redusă, fără litieră, 1,3% în pădurile de fag de vârstă mijlocie și 1,7% în cele cu arboret bătrân, 1,4 - 6,3% în fâneață.

Nu același lucru se întâmplă în cazul ploilor de durată, liniștite, când scurgerea este de numai 33,9% pe terenuri fără vegetație, de 9,6% în arboretul fără litieră, de 0,5% în cel cu litieră și de 0,7% în fâneață.

Studiile efectuate, asupra alunecărilor de teren din Subcarpații Curburii, de către *E. Untaru, 1979*, au evidențiat faptul că, din cele peste 123 de alunecări active inventariate, doar 46,3% s-au declanșat în suprafețele cu păduri, de diferite vârste. Dar, conform aceluiași autor, o serie de factori, ca de exemplu intervenția antropică, eroziunea la baza versantului, modul de exploatare a suprafețelor înclinate prin pășunat, supraumectare, etc., pot introduce mari diferențieri în răspândirea spațială a procesului. Astfel, în bazinul Arva (pârâu afluent pe dreapta al Milcovului) numai 0,43% din suprafața cu alunecări se află în pădure, 21,2% în cea cu folosință de pajiște și fâneață, și 31,9% în pășuni puternic degradate.

Nu în toate cazurile însă, pădurea s-a constituit în protector al cuverturii de destrucție de pe versanți. Prin maturizarea ei, pădurea poate conduce la supraîncărcarea versanților, la extinderea perioadei de supraumectare, prin reținerea apelor pluviale un timp mai îndelungat, putând astfel contribui la apariția procesului de alunecare sau, după caz, la accelerarea lui. Vegetația influențează mobilitatea unor elemente chimice, prin

extragerea unor substanțe necesare procesului de fotosinteză. Astfel, Lelong,1984, prin experimente, a demonstrat că, un rol foarte important este jucat de vegetație în orizontul superior al solului, în mobilizarea și transferul de elemente chimice. Spre profunzime, acest transfer scade de 5-10 ori. Versanții abrupți și lungi, aflați sub păduri, par a fi instabili, mai ales la sfârșitul perioadelor ploioase.

De altfel, rolul ambivalent al pădurilor, vis-á-vis de procesele degradaționale, a fost pus în evidență de *P. Usselman, J.Tricart, 1961, și J. de* Ploey, *1981*. Acest din urmă autor specifică faptul că, pe lângă efectul de protecție, arborii au și un rol declanșator al proceselor de alunecare pentru că, cei ajunși la maturitate exercită o greutate suplimantară (kg/cm^2) pe suprafață limitată. Intrucât forța portantă depinde de coeziunea materialului și de unghiul de frecare internă, probabilitatea de a ceda crește în sezonul ploios.

Totodată, rădăcinile arborilor provoacă creșterea permeabilității, pe mari gosimi, ale păturii de destrucție și chiar a rocilor în loc, favorizând infiltrațiile cu repercursiuni deja comentate în capitolele anterioare.

3.1.8. Descărcarea naturală prin reacții în lanț. Continuitatea procesului de alunecare pe versanți. După exercitarea forțelor care au generat starea de instabilitate, în cazul alunecărilor de teren de mică amploare, versantul intră într-o fază de echilibru morfodinamic. Atunci când, condițiile care au dus la declanșarea procesului continuă să acționeze, putem asista la extinderea în suprafață a corpului alunecării. Starea fizică, creeată pe versant în urma declanșării, poate să mențină în fază dinamică corpul alunecării, antrenând în mișcare depozite din areale învecinate.

In generarea unor noi suprafețe de instabilitate, secundare primei faze, un rol important îl are modul de evoluție dinamică a corpului alunecării, morfologia și morfometria zonelor de desprindere și a celor ce delimitează alunecarea, starea lui de fracturare și fisurare, starea de umectare a depozitelor afectate.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Unele din aceste condiții se pot manifesta cu întârziere, în comparație cu starea critică, creată la declanșarea procesului. Această perioadă de întârziere poate varia de la ore la ani. Condițiile nou create în starea de stabilitate a versantului pot conduce la scăderea rezistenței lui, mișcarea putându-se propaga fie detrusiv, fie delapsiv.

Dar, admițând că denudația acționează regresiv, am putea crede că, aparent, fiecare proces de mișcare în masă acționează pentru creșterea stabilității și astfel va întârzia/va mări perioada de timp până la o nouă alunecare de teren, prin scăderea unghiului de pantă. Supraîncărcare versantului cu depozite, provenite din segmente de versant situate în vecinătatea zonei de instabilitate declarată, generează presiuni înalte ale apei din pori și, aceasta la rândul ei, unghiuri de cedare mai mici.

In timp ce schimbările de scurtă durată sunt adesea un punct de plecare pentru mișcări rapide ale masei de depozite de versant, efectivitatea geomorfologică a acestora este serios controlată de schimbările încete, dar cumulate pe timp îndelungat. In cele ce urmează vom încerca să explicăm continuitatea procesului de alunecare pe versanți, prin decărcarea naturală, comparând-o cu o reacție în lanț.

Primul caz se referă la alunecările produse detrusiv, care au zona de desprindere în apropierea cumpenei de apă. De obicei, ele au suprafețe mici și mobilizează un volum variabil. Apariția lor este legată, într-o mare majoritate de cazuri de existența unor suprafețe vechi de alunecare, care au generat, în timp, numeroase ruperi de pantă. După declanșarea procesului de alunecare, masa deluvială, grație vitezei imprimate, părăsește în totalitate locul de origine, de multe ori putând evolua pe panta morfologică. Stabilizarea corpului alunecării pe suprafețe care-i permit stocarea, cel puțin o perioadă de timp, sub forme morfologice diferite, face ca, în amonte de el, prin acumulări de ape din precipitații, să se producă supraumectarea și, în consecință, să se declanșeze o nouă alunecare.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pe versant se pot distinge, într-o primă fază, mici sau mari forme negative, care contribuie la nivelarea vechilor forme de alunecare, dar și forme de acumulare deluvială sau false suprafețe de alunecare (mai ales atunci când corpul alunecării glisează pe panta morfologică). Procesul transmis progresiv, de sus în jos, poate afecta întregul profil al versantului, astfel că fruntea alunecării se poate cantona pe o suprafață plană (pod de terasă, albie majoră sau într-o albie minoră; în acest ultim caz, de cele mai multe ori, acumularea deluvială lipsește).

Al doilea caz de extindere a suprafețelor cu alunecări se referă la cele ale căror mișcări se transmit regresiv. Pentru acestea trebuie să existe o anumită stare de prag, constituită prin însăși declanșarea procesului de alunecare. Această reamorsare a propagării în continuare, a dezechilibrului inițial, se poate prognoza cu ajutorul numeroaselor fisuri și crevase, apărute în urma mișcărilor de alunecare de mare amploare, fie în amonte de zona de desprindere, fie pe lateralele corpului alunecării.

In cazul, în care dezechilibrul apare în amonte de zona de desprindere, asistăm la o transmitere, prin mișcări rotaționale - regresive a instabilității, spre cumpăna de apă. Același lucru se întâmplă și în cazul în care pragul este de natură erozivă. Viteza de incizare a bazei versantului de către o rețea de apă reduce perioada de alterare-denudație *(J.N. Hutchinson, 1967, 1968)* și se va creea un câmp larg de desfășurare a proceselor de mișcare în masă (mai ales la văile tinere în formă de V sau de canion. Alunecările profunde pot să apară după 30-40 de ani, în cazul când eroziunea în adâncime înaintează cu o viteză de 3 m/an *(J.N.Hutchinson,1968)*. In final, zona de desprindere inițială suportă un proces de estompare sau de completă dispariție. Noua zonă de desprindere este, în majoritatea cazurilor, cu înălțime mult diminuată față de cea inițială.

In cazul când, evoluția regresivă se extinde până în cumpăna de apă și este dublată de o alunecare în bazinul învecinat, atunci se produc înșeuări, cu altitudini relative de 2-25 m sau martori reziduali de tip bâtcă.

BCU IASI CENTRU UNIVERSITAR LIBRARY

Atunci când dezechilibrul se transmite regresiv de pe laturile alunecărilor de mare amploare, de tipul văilor de alunecare, marcate prin denivelări de metri sau zeci de metri, prin apariția de alunecări adventive, se produce "consumarea" martorilor erozivo-denudaționali, apăruți prin procese de alunecare ce au direcție paralelă. Acest fenomen este semnalat în depozite de versant predominant fine cum este cazul celor din ariile subcarpatice sau de podiș (Subcarpații Curburii, Podișul Târnavelor, Podișul Moldovei). In acest mod, masa versantului este îndepărtată, în etape succesive, formându-se, la parte superioară a lui o zonă de desprindere, inițial franjurată, apoi de formă liniară, iar la parte inferioară a lui un glacis deluvial.

Pe versanți, apar, într-o primă fază, văi de alunecare, iar, în final, pâlnii de versant (în sens *I.Ichim, 1976)* sau amfiteatre de deraziune (în sens *I.Mac, 1972)*, care lasă impresia unor canale de drenaj, construite prin activitatea apelor. Faptul că ele sunt "înecate" de deluvii indică cu certitudine că, la apariția lor, un rol hotărâtor, l-au avut alunecările de teren.

3.2. Cauze antropice.

Vis-à-vis de procesul de alunecare, acțiunea oamenilor s-a manifestat în cele mai diverse moduri. In intenția lor de a folosi cât mai complex teritoriul, de a exploata resursele solului și subsolului, toate, sau aproape toate acțiunile întreprinse s-au dovedit a fi, pentru terenurile în pantă, momente importante în declanșarea proceselor denudaționale.

Instaurarea relațiilor de producție capitaliste a dus la accelerarea cerințelor de materii prime și materiale care să satisfacă nevoile tot mai crescânde ale industriei aflate în plin avânt. Totodată, are loc și "explozia" în domeniul comunicațiilor. Sunt tot mai dese cazurile când rețelele de transport rutier și feroviar sunt trasate pe rute tot mai scurte, fără a se ține seama de constituția geologică a versanților, de starea lor de echilibru.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Deși ferită de intensele intervenții ale omului în peisajul geografic, în prima parte a secolului al XIX-lea, teritoriul României cunoaște mari prefaceri începând cu secolul XX-lea. Acum sunt semnalate recrudescența sau declanșarea unor procese denudaționale care vor introduce importante modificări în starea de echilibru a versanților.

Aceste modificări sunt concretizate în evoluția suprafețelor cu păduri, schimbarea modului de folosință a mari suprafețe situate în zone colinare și de podiș, deplasarea vetrelor de sat pe versanți, ca urmare a amenajărilor hidroenergetice, supraîncărcarea versanților prin construcții de căi rutiere și, cea mai importantă, apariția lacurilor de acumulare influență antropică complexă.

3.2.1. Evoluția suprafețelor cu păduri

In timp geologic, pădurea a avut perioade de optim climatic, când, extinderea ei, s-a făcut pe suprafețe mari și perioade când, arealele cu păduri, s-au retras mult spre sud de actuala zonă temperată. Făcând cronologia ciclurilor climatice din cuaternar, *M.Masson, 1970* arată că, orice ciclu climatic debutează cu o fază de distrugere a covorului vegetal și o denudare a formațiunilor de alterare (rhexistazie cf. *Ehrardt, 1956, citat de M.Masson)*, pentru ca apoi, instalarea treptată a vegetației, să favorizeze un ciclu de alterare în profunzime (biostazie). Ciclurile foarte importante pentru geomorfologia zonei temperate, situate în pantă, sunt cele din Riss și Wurm, (fig.10). Vegetația forestieră actuală este postglaciară, dar considerăm că, pentru evoluția versanților, o deosebită importanță au pădurile de vârstă istorică.

In perioada istorică, umanizarea peisajului forestier s-a făcut, în primul rând prin reducerea suprafețelor cu pădure, spre a se crea spații de amplasare a satelor și orașelor, apoi, pentru dezvoltarea agriculturii și creșterii animalelor. Diferențierea proceselor denudaționale, intensitatea de manifestare pe terenuri lipsite de vegetație, a implicat un proces de refacere a fondului forestier, cu rol de protecție, în cadrul unor programe naționale.

BCU BABEȘ-BOLYAI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

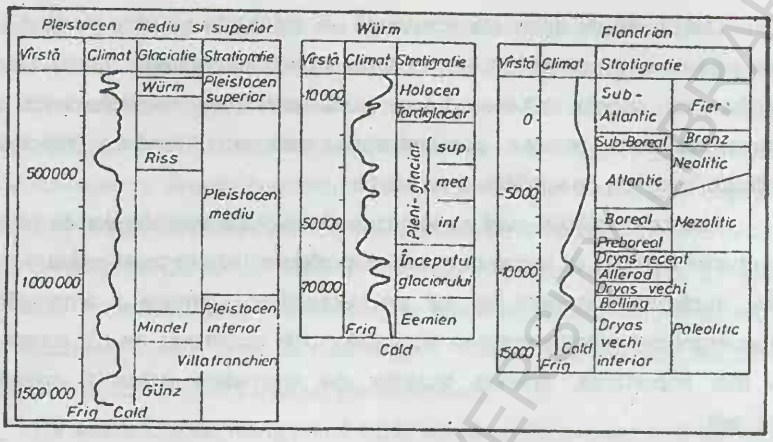


Fig. 10. Cicluri climatice importante pentru geomorfologia zonei temperate

Lucrările fitoameliorative (înierbări, plantații, împăduriri), combinate cu lucrări mecanice și hidrotehnice, s-a constatat a fi cele mai indicate pentru valorificarea terenurilor degradate *(E.Untaru, 1979).* Acțiunea are un caracter mixt, de drenaj biologic a excesului de apă, funcție estetică, de producție și sanitară. Cheltuielile sunt mici, în raport cu altele. Autorul citat apreciază că, pentru împădurirea a 100 ha terenuri cu alunecări, cheltuielile făcute, după 50 ani, pot fi recuperate în numai 13,3 ani, în subzona fagului și amestecului de fag cu rășinoase. Coeficientul eficienței economice parțiale este în cazul analizat de 3,76.

Defrișările au început încă din timpuri istorice, dar arealele despădurite s-au mărit cu trecerea timpului. S-au incendiat sute de hectare de pădure peste care s-a instalat eroziunea puternică a apelor. Totodată, s-au practicat intens defrișările, ce începeau de la baza versanților, înaintând progresiv spre cumpăna de ape.

Prin planimetrarea suprafețelor cu păduri de pe hărțile austriece (1890-1895), s-a putut constata că în valea Bistriței- zona flișului, existau aproximativ 115,25 km^2 de pădure, reprezentând circa 37% din suprafața ei. După hărțile

topografice, ediția 1974, suprafața cu pădure, aproximată prin aceeași metodă, a crescut la 141,9 km^2, reprezentând 45,6%. Procentul real de împădurire, însă, este mult mai mare. Un rol important, în creșterea acestui procent, l-au avut împăduririle efectuate în zona de centură a lacului Izvoru Muntelui, pe o lungime de 100 km și o suprafață de 6 km^2 *(Venera Dudas, I.Mușat, 1979)*. Se pare însă că, perdeaua de protecție, nu și-a atins scopul pe toată lungimea ei. Însăși speciile alese (zadă, molid, brad), prin sistemul lor radicular, nu-și îndeplinesc rolul de ancorator. In acest fel, pădurea ajunsă la 10-15 ani, apropiindu-se de consistența 1,0, a făcut ca subetajul ierbaceu să dispară și să scadă consumul de apă. Prin maturizarea pădurii a crescut sarcina cu care s-a supraîncărcat versantul, făcând astfel ca procesul de alunecare să se accelereze.

Așa s-a întâmplat în bazinele cu alunecări Potoci, Ruginești, Grozăvești, Huiduman, Fârțâgi, Buba. In perimetrele cu păduri seculare de molid, datorită dezechilibrului creat, în profilul versantului, prin deschideri de drumuri forestiere și chiar prin mici alunecări, sistemul lor radicular nu a mai fost suficient pentru a suporta sarcina geologică din amonte de zona de dezechilibru și s-au declanșat alunecări de mare amploare. Este cazul alunecărilor din Piciorul Tuflicului, de la Fârțâgi și de pe versantul NE al Obcinei Horștei.

Rădăcinile rămase, după defrișarea efectuată în cuveta lacului Izvorul Muntelui, înainte de umplere, au funcționat ca sisteme naturale de ancorare până la putrezirea lor, protejând astfel, un timp, fâșia de țărm supusă inundării și exondării repetate.

3.2.2. Evoluția suprafețelor construite

Dovezi ale locuirii, în România, sunt încă din paleoliticul superior. Dezvoltarea așezărilor omenești începe însă din epoca feudală, odată cu dezvoltarea și organizarea drumurilor transcarpatice. Inceperea lucrărilor de amenajare hidroenergetică a râurilor a însemnat și declanșarea fenomenului

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA

de transmutare a localităţiilor, care ocupau albiile majore ale lor. Numai în cazul văii Bistriţei, odată cu amenajarea lacului Izvoru Muntelui, după 1958 s-au transmutat 2291 gospodării şi un număr total de locuitori de18760. Aproximativ 13200 din aceştia şi-au stabilit noile locuinţe pe versanţii văii şi în lungul văiilor afluente (valea Răchiţei, valea Bistricioarei, valea Schitului, valea Hangu, valea Audia, valea Buhalniţa, valea Izvoru Alb, valea Secu, valea Potoci). Au apărut o serie de noi localităţi ca Leua, Huiduman, Grozăveşti, Brădiţel, pe versantul stâng, şi Bofu, pe versantul drept.

Deplasarea vetrelor de sat pe versanţii văii Bistriţei s-a constituit, în multe cazuri, ca declanşator sau reactivator al alunecărilor. Acest fenomen, de transmutare, continuă parţial şi acum. Au fost sate care, în timp, şi-au schimbat vatra din nou. Intr-o primă fază a transmutării, locuinţele au fost amplasate, în principal, în aval de DN-15, sub cota de 600 m altitudine absolută, iar acum, în a doua fază, majoritatea lor să fie amplasate între altitudinile de 600-750 m.

Mutarea caselor, spre cumpăna de ape, a dus la deschiderea de noi căi de comunicaţie (exemplu DN-15), a unor edificii social-culturale, dar şi la apariţia de suprafeţe arabile, care reprezintă 3,4% din aria versanţilor din jurul lacului (*I.Sandru şi colab., 1960).* Extinderea acestora s-a făcut, în cadrul bazinelor cu alunecări Podiceni, Potoci, Brădicel, Grozăveşti, Huiduman şi Leua, până la altitudini de 750 şi chiar 900 m.

Acelaşi fenomen, de deplasare a vetrelor de sat, este frecvent întâlnit şi în zona subcarpatică şi cea de podiş, dar cauzele acestor acţiuni sunt generate de procesul de alunecare. Sunt citate în literatura de specialitate cazurile localităţilor Lacul lui Baban, a satelor aparţinătoare comunei Murgeşti, din cadrul Subcarpaţilor Curburii, a localităţii Pârcovaci, din Podişul Moldovei, etc.

3.2.3. Supraîncărcarea versanţilor

Acţiunile întreprinse de om pentru amenajarea hidroenergetică a râurilor, exploatările de materii prime, construcţii de căi de comunicaţii, s-au

soldat, pe arii extinse de versanți, cu supraîncărcarea lor prin construcții, halde, împăduriri, etc.

Deschiderea unui drum sau a unei căi ferate a necesitat multe lucrări de construcții de artă făcute în amonte și în aval de ele, cu scopul de a se asigura stabilitatea versanților. Au fost cazuri când, pe 1 km liniar de șosea, s-au amplasat zeci și chiar sute de m^3 de zidărie uscată și betoane armate. Uneori aceste "implantări" în structura versanților s-au făcut în zone cu mare potențial de alunecare. Sunt cazuri când peste vechile construcții, s-au amplasat altele, producându-se supradimensionarea lor. Este cazul de la motelul Cristina (valea Bistriței), unde lucrările de amenajare a DN-15 și a versanților, au depășit valoarea de zeci de milioane lei, situație identică fiind și la Huiduman.

Traversarea văilor de către căile de transport, s-a făcut prin umplerea lor cu materiale rezultate de la excavații, lăsându-se pentru subtraversare o deschidere foarte mică. Pe lângă suprasarcina geologică s-a produs, ulterior, o supraumectare a depozitelor din patul căii de transport, cât și a celor de versant situate în amonte. Amplasarea căilor de transport pe versanți a necesitat ample lucrări de excavații. Materialele rezultate au fost amplasate, în cea mai mare parte din cazuri, în ariile de versant situate imediat în aval de platforma drumului. Lipsite de vegetație, aceste halde au stocat, în prima fază, apele pluviale, ajungându-se, uneori, la transformarea materialului din ele în curgere noroioasă. Dezechilibrul creat a favorizat, într-o fază următoare, declanșarea unor alunecări de teren de mare amploare. Este cazul alunecărilor de teren din zona amonte pârâul Rotarului, bazinul Buba, Chiriteni (valea Bistriței).

In cadrul acțiunii de transmutare a localităților pe versanți, pentru noile așezări s-au construit școli, magazine, precum și alte dotări social-edilitare. Dacă pentru construirea caselor, în spații montane, s-a folosit cu precădere lemnul, pentru obiectivele sociale s-a utilizat piatra și cărămida. Sunt cazuri când, la amplasarea, nu s-a ținut seama de starea de stabilitate a versanților, fapt ce a dus la deteroriarea lor, prin alunecări de teren, în scurt timp (motelul

BIBLIOTECA CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

Cristina).

Odată cu amenajarea cuvetelor lacustre, în centura de securitate și pe versanții din imediata vecinătate, au fost întreprinse ample lucrări de construcții în domeniul silvic. Prin construcția de baraje și regularizări de torenți, pe versanții văii Bistriței, s-au amplasat 125.000 m^3 de betoane *(Venera Dudas, I.Mușat, 1979).*

3.2.4. Modificarea pantei versanților

Fiecare din intervențiile omului asupra versanților a dus și la modificarea pantei lui.

In primul rând, căile de transport s-au constituit într-o discontinuitate în profilul versanților. Același efect a avut și construirea de drumuri forestiere sau de acces la localitățile sau sursele de materii prime de pe versanți.

Amplasarea noilor vetre de sat a necesitat lucrări de nivelare și terasări soldate cu modificarea înclinării versanților.

Modificarea pantei versanților a rezultat și din haldarea materialului provenit din excavațiile de la construcția drumurilor, din sterilul exploatărilor minerale, etc.

Chiar prelucrarea agricolă îndelungată a terenurilor în pantă s-a sdoldat cu apariția frecventă a numeroase ruperi de profil, care, în timp, s-au constituit în potențiale arii de desprindere pentru alunecări de teren.

3.2.5. Vibrații datorate traficului și exploziilor

Vibrațiile produse de traficul rutier sunt privite ca o cauză secundară, cu acțiune lentă, de lungă durată, în declanșarea alunecărilor de teren. Conlucrând însă cu alte cauze, vibrațiile produse de trafic, pot contribui la menținerea unei dinamici accentuate în zona platformei drumului.

Măsurătorile efectuate asupra efectelor vibrațiilor date de trafic pe o șosea amplasată pe un versant instabil de către *U. Stozner, 1965, 1974,* au evidențiat faptul că, acestea sunt așa de mici încât nu pot favoriza ruperea echilibrului.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Investigațiile asupra traficului rutier, efectuate într-o zi de vară, în anul1980, pe DN-15, din zona lacului Izvoru Muntelui, de către D.D.P.-Iași, au evidențiat următoarele:

-pe tronsonul Poiana Teiului-Borsec, frecvența medie pe 8 ore, este de 400 de vehicule, din care 361 trafic greu. Prin aceeași secțiune, trec zilnic 893 vehicule cu gabarit mai mare de 5 t;

-prin secțiunea Potoci, trec în medie pe 8 ore, 350 vehicule pe an, din care, 333 sunt din categoria de trafic greu. In 24 de ore prin această secțiune au trecut 964 vehicule mai mari de 5 t;

-prin secțiunea Bistrița - Piatra Neamț, numărul de vehicule care trec într-o zi crește de 3-5 ori.

După aprecierile inginerilor de la SIRDC - Piatra Neamț, pentru tronsonul de drum Bicaz - Poiana Teiului, influențe mari asupra stabilității versanților au autocamioanele mai grele de 5 tone și, în special, autocamioanele cu șa, a căror gabarit ajunge la 20-25 tone. Frecvența medie de trafic, în 8 ore, pentru acest tip de vehicule, este de 21,5, în secțiunea Grințeș, situată în amonte, pe valea Bistricioarei, și de 48, în secțiunea Potoci, situată în aval.

Traficul rutier a produs, în secțiunile de traversare a alunecărilor active, tasări care s-au măsurat la Huiduman, secțiune situată între cele două. Valoarea lor a fost de câțiva centimetri pâna la 0,5 m/an.

In cazul carierelor, unde exploatarea materiilor prime se face prin explozii, șocurile produse sunt, într-o oarecare măsură asemănătoare cu cele produse de cutremure. Repetabilitatea lor, uneori zilnică,fac însă ca efectul cumulat să fie mult mai mare. Putem cita aici cazul alunecărilor active din localitățile Cheia-Mihai Viteazu, Sănduleşti și Copăceni, din perimetrul cu exploatări de gipsuri și calcare din imediata vecinătate a orașului Turda, în ariile de expoatare a petrolului, din zona subcarpatică a Moldovei sau cea a Curburii, sau cele în care cărbunele se extrage în cariere.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

3.2.6. Prezența cuvetelor lacustre

Prezența lacurilor de acumulare se constituie ca influență antropică complexă asupra peisajului. Lacurile de baraj își concretizează influența asupra componentelor mediului natural sub următoarele aspecte:

- discontinuitate dinamică în evoluția albiilor din amonte și din aval de baraj, precum și-n evoluția versanților;

- prin "întreruperea temporară" a tendinței de evoluție a profilului albiilor, din amonte și din aval de baraj, sub influența nivelului de bază general;

- apariția unei noi baze locale de denudație și acumulare, reprezentată prin nivelul apei lacului, cu mare mobilitate în timp și în spațiu, în comparație cu nivelul lacurilor naturale, denumită bază locală antropică de denudație și acumulare *(L.B. Leopold și colab., 1964; I. Ichim și colab., 1979);*

- apariția și evoluția unor noi tipuri de relief, lacustru și fluvio-lacustru.

In mod indirect, lacurile de baraj, influențează relieful, așa cum am mai arătat, prin restructurarea modului de folosință a terenurilor, în special a zonelor din imediata vecinătate a lor, prin regruparea așezărilor omenești și a tuturor condițiilor induse de către acestea, prin schimbarea regimului hidric al depozitelor superficiale de pe versanți.

Dacă, în parte, o serie de influențe directe și indirecte au mai fost tratate, încercăm acum, în cele ce urmează, să trecem în revistă o serie de aspecte care să constituie factori dinamici în morfogeneza alunecărilor de teren.

Ca factor de influență în morfogeneza alunecărilor, nivelul lacului trebuie caracterizat ca *nivel de bază local*, cu mare mobilitate în timp și spațiu. Totodată trebuie avut în vedere caracterul dublu al acestui nivel de bază local:

-pe de o parte nivelul de bază local al eroziunii, exercitat la nivelul văii, în primul rând, și la nivelul bazinului hidrografic, în general;

-pe de altă parte ca nivel de bază local al acumulării, pentru suprafețele rămase în submersie.

BCU "Lucian Blaga" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Prin prelucrarea datelor de măsurători zilnice și lunare, *Maria Radoane, 1982*, a constatat că, în perioada 1961-1980, tendința de variație a nivelului lacului Izvoru Muntelui a avut o creștere progresivă, până în 1970, când s-a înregistrat un maxim, ca apoi să urmeze o scădere. In variația sezonieră a nivelelor s-a constatat că, după o perioadă de stabilitate la cote minime din februarie-martie, pe o durată de 20-30 zile, în care oscilațiile nu depășesc 1,6 m, urmează o perioadă de creștere a nivelelor, de la sfârșitul lui martie până la începutul lui iulie. Durata acestei perioade este de 70-90 zile, cu o creștere de aproximativ 0,24 m/zi. Acum are loc o creștere progresivă a umidității deluviilor, în special a celor supuse procesului de mișcare și a celor de abraziune. O a treia fază este aceea de stabilitate la nivele maxime ce însumează 60-70 zile, cu oscilații ale nivelului de 3,46 m. Acum, prin infiltrații, se produce supraumectarea depozitelor din faleze cât și a depozitelor deluviale situate în vecinătatea cotei maxime a lacului. Urmează o a patra fază, cea de scădere a nivelurilor care, în timp, este cea mai lungă, 180-190 zile. Scăderea constantă a nivelului apei începe de obicei la sfârșitul lunii august și ține până la sfârșitul lunii februarie, începutul lunii martie, din anul următor. Ea are amplitudini zilnice mici și alternează cu etape când amplitudinile se mențin constante. Acum are loc supraumectarea depozitelor de pe versanții cuvetei, produsă în sens invers ca în faza de creștere a nivelurilor. Totodată, are loc un transport prin abraziune, eroziune torențială și în suprafață a depozitelor de pe fâșia de țărm rămasă în emersie. Supraumectarea fâșiei de țărm, produsă datorită variației de nivel ale apei lacului Izvoru Muntelui, este în funcție de granulometria depozitelor de versant, de starea lor fizică, cât și de depărtarea la care se găsesc față de cota zilei. Măsurătorile efectuate asupra umidității depozitelor deluviale, în ziua de 6.IV.1973, în punctele cu alunecări de teren Podiceni, Naclad, Ocea, Brădițel, Huiduman, Chiriteni, Buba și Vârlan, pe profile cu adâncimi de 0,7-0,8 m, au evidențiat următoarele:

- în imediata vecinătate a apei lacului, până la o depărtare de 5 m, s-au înregistrat umidități cu un ecart de variație de la 20% până la 76,2%.

BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

-depășirea, în unele cazuri a limitei superioare de plasticitate a avut drept consecință trecerea depozitelor în stare de curgere noroioasă;

In general, există o tendință de scădere a umidității depozitelor de versant, de la cota zilei spre cota maximă a lacului. Sunt însă cazuri când, la distanțe mari de cota zilei, umiditatea să fie foarte ridicată. Această supraumectare se datorează fie pânzelor de ape freatice deluviale, cu caracter lenticular, fie infiltrațiilor din canalele de drenaj care traversează deluviile.

Toate aceste elemente, enumerate mai sus, s-au constituit în tot atâtea cauze pentru declanșări de alunecări de teren, sau reactivări, care au afectat fie numai cuveta lacustră, fie chiar unele construcții. Exemplele pot fi numeroase, dar vom reaminti doar câteva. In primul rând tragedia produsă pe valea Vajont, Italia, când o alunecare de teren a pus în inactivitate cel mai mare baraj în arc din Europa, din acea vreme. La noi în țară astfel de situații s-au înregistrat în cazul lacurilor de acumulare de pe valea Bistriței (Izvoru Muntelui, Pângărați), lacul Paltinu de pe valea Doftanei, lacul Stânca - Costești, de pe valea Prutului sau lacuri mai mici cum sunt cele de la Pușcași și Solești, din bazinul superior al Bârladului, lacul Cătămărăști, din apropierea orașului Botoșani.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

4. METODE SI PROCEDEE FOLOSITE IN CERCETAREA ALUNECARILOR DE TEREN

In prima etapă, studiul procesului de alunecare se rezumă la constatarea, localizarea și estimarea daunelor produse. Apoi, procesul atrage atenția unei game largi de specialiști, geografi, geologi, ingineri, care, prin aportul lor, au dus an de an, la stabilirea și perfecționarea metodelor de cercetare a acestuia. Desigur, nu toate metodele de studiu au fost sau pot fi aplicate de către geografi, însă găsirea unor "punți de legătură" între metodele proprii studiului geografic și cele specifice disciplinelor vecine, a adus multe lămuriri asupra apariției, evoluției și posibilităților de prevenire și combatere a proceselor denudaționale.

4.1. Cercetări de teren

Investigațiile în teren sunt specifice muncii de cercetare geografică. Grație lor, se face o reperare exactă, la teren, a procesului, cu determinarea stadiului de evoluție, a interacțiunii procesului cu alte procese denudaționale, cu stabilirea unei ierarhizări a acestora într-un teritoriu dat, precum și cauzelor care le-au generat. Tot pe baza cercetărilor în teren, se stabilesc efectele pe care procesul le poate avea asupra evoluției ulterioare a unui teritoriu, în cazul în care, agenții care l-au generat concură la accelerarea lui.

Pe de altă parte, în teren, se stabilește extinderea areală a unui proces sau a unei grupe de procese.

Dacă prin cartografierea geomorfologică (generală sau specială) se acumulează date calitative, prin experimente și observații staționare, în teren, acestea se completează cu date cantitative. Funcție de scopul urmărit, se impune, cu acuitate, necesitatea colectării acestora în număr cât mai mare.

BCU "I. C. BRĂTIANU" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Aprofundarea cercetării fazei dinamice a procesului de alunecare, este importantă mai ales pentru faptul că, în majoritatea studiilor geomorfologice existente la noi în țară, acest aspect este trecut cu vederea sau este amintit la general atunci când se indică stadiul de evoluție a procesului. In ceea ce privește propriul nostru demers, aplicat la stadiul dinamicii alunecărilor de teren, trebuie să spunem că, în mod constant, am coroborat metodologia de cercetare, proprie geografiei, cu metode folosite de științele învecinate, în special, ingineria geologică.Grație studiilor întreprinse în teren, prin metode complexe, coroborate, s-au pus în evidență suprafețele de alunecare. Existența acestora, corelată cu proprietățiile fizice ale deluviilor, ca și analiza lor, în contextul complexului de factori care au generat-o, a făcut posibilă prognozarea apariției unor suprafețe-prag, a stadiului lor de evoluție, precum și a măsurilor ce se impun pentru limitarea în timp a activității dinamice.

Trecând în revistă metodele și procedeele de cercetare în teren sau laborator, am considerat util să prezentăm, uneori mai pe larg, metodele pe care noi înșine le-am folosit.

4.1.1. Cartografiere și eșantionarea arealelor

Unul din aspectele care par relativ ușor de rezolvat, dar căruia i-am acordat o atenție specială, a fost acela al cartografierii.

In literatura geomorfologică, acest aspect a fost, și mai este, unul din cele mai discutate și disputate. Până în prezent nu s-a ajuns însă la un consens în adoptarea gradului de încărcare, cu elemente specifice, pentru un anume tip de proces de modelare sau grupări de procese. In mod practic, la realizarea materialului cartografic, fiecare cercetător, funcție de scopul și destinația pe care o dă hărții, își alege un cuantum de date calitative, uneori și date cantitative, prin care să se facă util unor sfere de activitate. Fără a avea pretenția epuizării tuturor aspectelor cartografice legate de procesul de alunecare, vom prezenta câteva din modalitățile de înscriere pe hărți și planuri a procesului, în timp și în diferite școli geomorfologice.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pe hărțile geomorfologice generale procesul a fost marcat doar printr-un semn care redă doar amplasarea lui în spațiu. Prin diversificare, acest semn, a constituit, mai apoi, un mod de reprezentare a micromorfologiei suprafețelor afectate în timp de alunecări.

In 1954, *C. Martiniuc*, plecând de la convingerea că situația degradărilor de teren este și poate deveni și mai alarmantă, propune un sistem inedit de cartare a pantelor deluviale. In esență, noul sistem de cartare geomorfologică se bazează pe raionarea versanților în areale, în care procesele geomorfologice se trec prin indici, stabilindu-se și interacțiunea dintre ele pe baza stadiului lor de evoluție. Autorul stabilește trei categorii de pante deluviale, notate D_1, D_2 și D/C, în care indicele numeric arată stadiul de evoluție al proceselor de alunecare (a), ravenare (r) și spălări în suprafață (s). Tot prin indici numerici se dă, pentru fiecare proces în parte, starea lui de evoluție: incipientă, de amploare și stingere. In cartarea geomorfologică a pantelor deluviale, predominarea activității unuia dintre procese este evidențiată prin ordinea transcrierii indicilor pe hartă.

O altă contribuție importantă a acestui autor, vizând detalierea și aplicabilitatea practică a studiilor întreprinse, este aceea a întocmirii unor hărți complementare (litologică, hidrologică, climatică și microclimatică, a vegetației, fragmentării și a pantelor). Este, credem noi, o primă, și notabilă, încercare de a se întocmi o hartă de risc natural care, în literatura mondială, apare mult mai târziu.

Metoda va fi reluată *(C. Martiniuc, V. Băcăuanu, 1961)* cu îmbunătățiri constând în aceea că, pe fondul tipurilor genetice de relief și al litologiei, autorii vor trece la separarea arealelor cu stadii diferite de degradare.

Aceeași concepție, de reprezentare a genezei formelor de relief, va fi utilizată de *Gr. Posea, N. Popescu, 1964*. Culoarea semnelor grafice folosite de autori exprimă vârsta procesului. Se procedează totodată la o demarcație între formele de distrucție și cele de acumulare (corp deluvial).

BCU ȘTIINȚĂ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

C. Martiniuc, 1971, luând în considerare lucrările subcomisiei de cartare geomorfologică a U.I.G., propune o legendă a hărții geomorfologice generale, unde, pe bază de indici, semne, nuanțe de culoare, se trece geneza reliefului, vârsta și stadiul de evoluție. Pentru alunecările de teren, se face demarcația între zonele de destrucție (culoare maro) și cele de acumulare deluvială (verde), iar prin intensitatea culorii și a modului de cartografiere a semnului, vârsta procesului și intensitatea lui. La formele de acumulare deluvială, pe lângă datele calitative (mod de dispunere a deluviului, raportul lui cu structura), se precizează și grosimea.La întocmirea hărții geomorfologice detaliate a Franței, capitolul consacrat formelor create de agenții externi, *J. Tricart, 1972,* separă, prin semne, formele de distrucție, specifice alunecărilor de teren în trepte, limbilor de alunecare, terasetelor (pentru alunecările profunde).

Pe hărțile hidromorfologice ale Alpilor Bavariei, în scară mare, elaborate de *G.Bunza, J. Karl, 1975,* s-a folosit drept criteriu de transpunere a alunecărilor de teren, modul de producere a procesului, mecanismul lui, vârsta și morfologia nou creată.

In 1977 *H. Kienholz* alcătuiește o hartă a riscului, bazată pe aceleași criterii: geneză, descrierea materialului în care se produce procesul, vârsta. Fondul hărții, destinată prelucrării pe calculator a datelor în vederea obținerii unei prognoze, este dat de modul de folosință a teritoriului.

In legenda hărții geomorfolgice la scara 1:25000, cu posibilități de aplicare și la hărți în scară mai mare, Irina Ungureanu, 1978, folosind drept criteriu geneza formelor, separă relieful sculptural de cel de acumulare, la care le stabilește subtipuri. Pentru subtipul în care sunt incluse alunecările (fluvio-deluviale), se folosesc date referitoare la textura materialului și dinamica procesului.

In anul 1979, pe harta în scara 1:100000 care însoțește studiul geomorfologic al munților Stânișoara, *I Ichim, 1979,* face o clasificare genetică

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

a formelor de relief, redată prin fond de culoare, iar forma de relief prin semne. Modul de transcriere grafică a semnului redă vârsta formelor dar și stadiul lor de evoluție, în momentul întocmirii hărților. Pentru alunecările de teren, autorul face o demarcație între formele de relief denudaționale (cornișe de desprindere și văi de alunecare) și formele de relief datorate acumulării deluviale.

In mare lor majoritate, autorii, menționați mai sus, merg de la geneza formelor mari de relief la cea formelor așa zis simple, secundare, ea constituind primul criteriu de cartografiere a formelor. Prin culoare, semne și indicii, se introduc diverse aspecte privind categoria formei de relief (de destrucție, de acumulare), existând uneori și unele confuzii. Astfel, de multe ori, curgerile noroioase sunt trecute la alunecări de teren. Având în vedere că aceste curgeri noroioase constituie o stare fizică de moment a masei deluviale, condiționată de conținutul de apă liberă, eroarea nu este prea mare. Insă, prin faptul că micromorfologia nou creată prezintă caracteristici specifice numai ei, trebuie să facem demarcația între procesul de alunecare de teren și curgerea de noroi.

O categorie specială de hărți sunt cele destinate analizei procesului și formelor generate de el, în sens strict, sau în contextul hărții cu procese actuale. In acest fel, legendele hărților dispun de complexitate, sau nu, în funcție de scopul urmărit. Tot mai des s-a vehiculat ideea că trebuie întocmite hărți speciale, cu o funcționalitate pur practică. La lucrări de combatere a efectelor procesului, vizând reintegrarea, în timp scurt, a terenurilor degradate în circuitul economic, pe lângă specialiști geologi, geotehnicieni, ingineri constructori, hidrotehnicieni, agronomi, etc, au participat și geomorfologi.

Ca o consecință firească, s-a făcut simțită necesitatea inventarierii cartografice a procesului, iar încercările nu au întârziat să apară. Astfel, *P. Antoin și colab., 1971*, separă, pe fondul unei hărți litologice, prin semne distincte, forme vechi și noi de cornișe de desprindere; areale cu alunecări generalizate sau localizate pe versanți.

Aceeași concepție o regăsim și la *G, Melidoro, 1971, și A. Guerrichio, G. Melidoro, 1973,* care prin culoare, pe fond topografic, redau arealele

afectate de proces, iar prin semne, zonele de desprindere, martorii reziduali și relieful de acumulare deluvială. In același timp, în tentă de culoare, se dă prognoza de evoluție, prin marcarea potențialelor suprafețe ce pot fi afectate după apariția dezechilibrului pe aria versanților.

Elaborând legenda hărții proceselor geomorfologice actuale, *M. Grigore, N. Popescu, 1973*, arată că elementele ei de conținut trebuie să figureze procesul și formele, funcție de agenții care le generează. Prin indici, se redau intensitatea procesului, depozitul modelat, panta de evoluție și modul de folosință. Autorii fac de asemenea delimitări între formele de destrucție și cele de acumulare, între vechi și nou. Ei includ însă, în cadrul proceselor de alunecare și solifluxiunile și curgerile de noroi. Alți autori *(A. Dauska, A. Kotarba, 1973)*, în studiul consacrat influenței eroziunii fluviale asupra dezvoltării versanților cu alunecări, procedează la o diferențiere a arealelor cu alunecări potențiale de cele cu alunecări active, marcând, pentru fiecare, prin semn monocrom de diversă intensitate, amploarea și vârsta procesului. Aceiași autori marchează pe corpul alunecărilor active, prin semne distincte, diverse tipuri de fisuri, datorate alunecării, prăbușirilor, tensionărilor.

Problema cartografierii alunecărilor de teren pe hărți în scară mare este pe larg discutată de *Maria Pulinowa și colab., 1977*, care, pe baza genezei fiecărei microforme de alunecare, stabilesc semne caracteristice. Intenția mărturisită a autorilor este de a stabili un atlas de semne care să poată să fie folosit la întocmirea hărților de geomorfologie aplicată. Pe corpul alunecării, autorii menționați, separă patru zone morfodinamice și, pentru fiecare din ele, folosesc semne caracteristice. Semnele propuse, comportând un mare grad de detaliere, ne apar încărcate sub aspect grafic. Anumite microforme (fisuri, crăpături) sunt figurate, funcție de zona morfodinamică în care apar, prin semne distincte, cu intenția de a se marca originea lor diferită. Insă geneza unor microforme fiind greu de delimitat în timp (factorii care concură la apariția lor succedându-se cu rapiditate în timpul evoluției dinamice), considerăm din

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

acest motiv legenda greoaie și nefuncțională. Cercetătorii maghiari *M. Pecsi și A. Juhasz, 1974*, pleacă de la factorii naturali și antropici ce jalonează mișcarea, pe care-i ierarhizează înaintea și în timpul evoluției dinamice. De asemenea, autorii citați, fac demarcație între alunecările la care se depistează existența unei suprafețe de alunecare și cele la care nu există această suprafață de demarcație, definindu-le pe acestea din urmă ca un tip de tranziție între alunecări și curgeri noroioase. Funcție de starea fizică a corpului de alunecare, ei clasifică alunecările și formele în vechi, degradate și active sau în diferite stadii de stabilizare.

In ceea ce ne privește, în colaborare cu *I. Ichim*, 1972-1973, am întocmit harta alunecărilor de teren pentru valea Bistriței, sectorul Borca-Bicaz, în care, principalul aspect cartografiat a fost relieful generat de alunecare, în sens strict. Legenda hărții cuprinde trei categorii genetice de forme: de destrucție; de construcție deluvială și forme mixte-complexe.

In cadrul formelor de destrucție, am distins abrupturile de desprindere, la care s-a arătat natura rocii în care s-au detașat precum și starea lor fizică (martori de rezistență, înșeuări). Crăpăturile și fisurile, dat fiind efemeritatea lor, au fost marcate print-un singur semn. In cadrul formelor de construcție (acumulare) deluvială am diferențiat microrelieful monticular, în trepte și brazde, valuri și mixt, precum și conurile și glacisurile deluviale.

Pe harta pe care am întocmit-o în anul 1978, pentru întreaga vale a Bistriței, din zona flișului, în cadrul formelor de relief generate de alunecări de teren și funcție de modul în care acestea au acționat asupra versantului, am separat două mari categorii. Acolo unde forțele de-denudație au depășit cu mult forțele de coeziune și frecare, formele de relief sunt preponderent sculpturale. In momentul în care energia forțelor de denudație a fost consumată, în cadrul evoluției dinamice, începe acumularea deluvială. Desigur că este greu de trasat o limită netă între aceste două categorii de forme, dar am considerat că prin semne se poate reda pe hartă modul de interacțiune a acestui cuplu de forțe, existent între ele în timpul evoluției dinamice și post

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

dinamice.

Principala formă sculpturală este aceea a abrupturilor, în cadrul căreia am stabilit trei subcategorii, în funcție de înălțime, înclinare și natura depozitelor în care apar. Modul de transcriere pe hartă a semnului a subliniat o a patra caracteristică a formei, cea a stării de degradare. Tot în categoria formelor sculpturale, am inclus, preluând semnul din legenda propusă de *I. Ichim, V. Surdeanu, 1972-1973*, martorii de rezistență, diferențiind grafic starea lor de degradare actuală.

O a doua categorie de forme de relief, generate de alunecările de teren, o constituie cele care apar din momentul în care se realizează un echilibru între două cupluri de forțe. Am urmărit, ca prin semne distincte să redăm starea de frământare a corpului deluvial supuse forțelor de împingere și tracțiune, marcându-se cu precădere formele pozitive de relief: monticular, în valuri, trepte și brazde, precum și microrelieful mixt. Modul în care a fost înscris pe hartă semnul denotă starea de degradare ca o consecință a evoluției, după ce procesul de alunecare s-a stabilizat.

Formele simple de alunecare, cu suprafețe și adâncimi reduse, având aspect de pseudosolifluxiuni, limbi de alunecare, lenticulare, le-am grupat într-o singură categorie de semn, datorită faptului că, existența microreliefului generat de ele este efemeră. Prin semne particulare am marcat și alunecările produse în cuveta lacustră, cu micromorfologie, de obicei, în trepte.

O categorie aparte de forme de alunecare o constituie văile de alunecare, cu evoluție îndelungată în timp, dar care se produc la scară redusă, și astăzi.

Un prim rezultat al cartărilor este acela al alegerii unor bazine cu alunecări de teren, asupra cărora este util să facem unele detalieri. In aceste bazine (fig 11) se fac unele aprecieri privind extinderea suprafețelor cu alunecări, dinamica acestora, rolul activității omului în declanșarea și combaterea lor. Pentru fiecare din bazinele alese se vor evidenția entitățile litologice care au generat, în timp, cuvertura deluvială.

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Bazine	Unitatea	Vîrsta	Litologie	Depozite de versant	Morfometria bazinului								Utilizarea terenului		Suprafața cu alunecări active (% S)
					Suprafața (ha)	Altitudine maximă (m)	Altitudine medie (m)	Energia max. a reliefului (m)	Pante (% S)				Păduri (ha)	Pășuni fînețe (ha)	
									<6°	6°-17°	17°-31°	>31°			
Podiceni	Tarcău	Cretacic-Paleogen	Fliș șistos-marnos cu marno-calcare și gresii micacee masive	Deluviu predominant fin, cu matrice (70-85%) și schelet (15-30%) cu dimensiuni decimetrice sau centimetrice, gresii și marno-calcare diaclazate.	182,3	830	672	315	8,7	38,0	39,3	14,0	149,3	33,9	4,2
Naclad			Fliș șistos argilo-marnos cu gresii curbicorticale puternic diaclazate		153,3	975	745	460	3,3	21,4	68,0	7,3	66,5	86,8	4,8
Huiduman					227,7	928	721	413	0,6	12,0	25,7	1,7	25,1	202,6	39,7
Butii	Audia	Cretacic	Fliș șistos-argilos cu gresii silicioase și calcare.	Deluviu fin (40-60% matrice) și schelet centimetric și subcentimetric	84,6	835	675	320	1,9	41,8	50,9	5,4	38,0	46,6	45,9
Chiriteni					201,7	850	682	335	10,7	37,4	51,9		93,1	108,6	1,8
Buba	Telegian	Cretacic	Fliș șistos, marno-calcaros și vinetii cu gresii calcaroase și microconglomerate	Deluviu predominant fin cu matrice (74-90%) și fragmente de roci (10-26%) de dimensiuni centimetrice	164,4	940	727	425		31,8	59,0	9,2	4,4	160,0	12,5
Vîrlan					210,0	951	738	446		40,0	60,0		71,1	138,9	26

Fig. 11. Descrierea bazinelor experimentale cu alunecări de teren

In caracterizarea depozitelor de versant este important să facem aprecieri asupra raportului schelet (fracțiunea grosieră) și matrice (fracțiunea granulometrică mai mică în diametru de 1 mm). Apoi, este necesară evidențierea unor caracteristici morfometrice, de utilizare a terenurilor cât și raportul existent între suprafața bazinului și cea cu alunecări active.

4.1.2. Măsurători topografice

Pentru urmărirea dinamicii alunecărilor, se delimitează pe suprafața versantului areale cu grade diferite de stabilitate. Această microzonare devine utilă în etapa de materializare a punctelor de măsurare. In acest sens, se pot amplasa repere din borne de beton și din lemn gudronat, având o lungime de 0,75-1,25 m și profil pătrat de 5-6/5-6 cm.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pe areale fără semne evidente de mișcare (zone interfluviale sau martori de rezistență), se plantează repere fixe, care se vor constitui în rețea de referință. Picheții din lemn sunt amplasați pe profile considerate caracteristice, urmărindu-se cea mai probabilă evoluție ulterioară a alunecării. Pentru acoperirea întregii suprafețe afectate, sau cu perspectivă de a fi afectată de alunecare, se vor amplasa alte repere dispuse areal. La terminarea plantării reperelor topografice, zona alunecată, sau predispusă la alunecare, prezintă trei categorii de puncte pentru măsurători:

-puncte considerate stabile;

-puncte de profil;

-repere areale (fig 12).

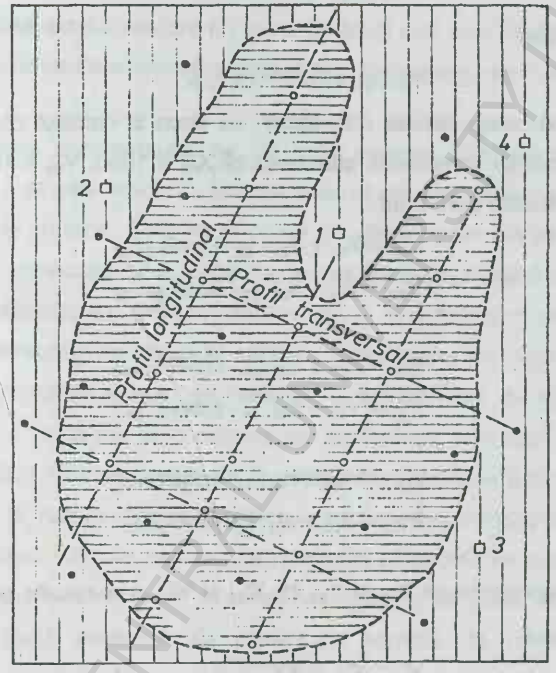
Metoda aplicată de noi nu constituie o noutate în tehnica amplasării și a măsurătorilor. Aparatura folosită în astfel de investigații în teren a fost tachimetrul Redta 030, teodolitul Theo 020 și teodolitul Daltha 010A, precum și mire normale.

Dintre punctele considerate stabile (materializate cu borne), se vor alege patru, pe care le vom numi în continuare de bază. Bornei amplasate central, i se atribuie coordonate arbitrare x=1000; y=1000. Pe laturile formate de cele patru borne de bază, se fac măsurători de unghiuri, distanțe și orientare magnetică. Orientarea magnetică se va menține pe toată perioada de observații, astfel că determinările să se fac într-un sistem de coordonate local, omogen din punct de vedere al preciziei de determinare.

Folosind metoda drumuirilor poligonale, li se atribuie și celorlalte borne de bază coordonate (x,y), în același sistem unic. In calculul drumuirilor, se plecă din borna 01 cu trecere prin bornele 02; 03; 04, cu revenire pe 01. Orientarea obținută din drumurile pe latura 04-01 (Θ) comparată cu orientarea inițială 01-04 (Θ), ne va da neînchiderile pe orientare:

$$\Delta\Theta = \Theta' - \Theta$$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



areal de versant stabil
areal de versant afectat de alunecare
borne de beton
reper de stejar amplasat pe profile caracteristice
reper de stejar amplasat pe areal

Fig. 12. Schița de amplasare a punctelor pentru măsurători topometrice în zone cu alunecări active.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$\Delta\Theta$ se repartizează uniform în funcție de numărul de stații. Corecția de orientare se poate face cu ajutorul formulei:

$$\Sigma\Theta/\text{Stație} = \frac{\Delta\Theta}{n-1}, \quad \text{unde } n = \text{numărul de stații},$$

astfel că în final

$$\Theta_{04-01} \pm 4\Sigma\Theta = \Theta_{01-04}$$

După compensarea orientărilor, se trece la calculul coordonatelor cu ajutorul formulelor următoare, știindu-se că $X_{01} = 1000$; $Y_{01} = 1000$; (01 - 04 - arbitrară, orientată spre nord:

$$X_{02} = X_{01} \pm d_{01-02} \cdot \cos\Theta_{01-02}$$
$$Y_{02} = Y_{01} \pm d_{01-02} \cdot \sin\Theta_{01-02}$$
$$\vdots$$
$$X_{04} = X_{03} \pm d_{03-04} \cdot \cos\Theta_{03-04}$$
$$Y_{04} = Y_{03} \pm d_{03-04} \cdot \sin\Theta_{03-04}$$

$$X'_{01} = X_{04} \pm d_{04-01} \cdot \cos\Theta_{04-01}$$
$$Y'_{01} = Y_{04} \pm d_{04-01} \cdot \sin\Theta_{04-01}$$

Comparându-se X_{01} și Y_{01} cu X'_{01} și Y'_{01}, vor rezulta neînchiderile pe coordonate:

$$X_{01} - X'_{01} = \Delta X$$
$$Y_{01} - Y'_{01} = \Delta Y$$

După calcularea neînchiderile ΔX și ΔY, care trebuie să corespundă toleranțelor admise pentru lucrări topometrice în teren accidentat, se trece la compensarea pe coordonate, în funcție de coordonatele relative ale punctelor.

Având coordonatele și orientările punctelor stabile, de bază, se determină coordonatele x și y ale reperelor de pe profile și ale celor areale, ținând cont ca plecările în drumurile poligonale să fie făcute de pe și pe puncte stabile.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Sunt cazuri în care nu se poate respecta această regulă de bază din cauza acoperirii cu vegetație arborescentă, și trebuie să apelăm la metoda de poligonații cu punct nodal, dar, respectând întotdeauna condiția de toleranță admisă la măsurători și calcule topometrice, specifice ei.

Niciodată o măsurătoare nu se va prelungi mai mult de două zile, prin acest fapt, avem certitudinea că sistemul de determinare este omogen și în timp.

Problema nivelmentului se va trata separat, din considerentul că precizia este mult mai ridicată. Măsurătorile de nivelment se fac cu nivela inginerească de precizie. Cota se ia de pe un singur reper, de bază, situat în afara zonei de alunecare, fiind apropiată de cea absolută, stabilită cu altimetrul. Metoda de măsurătoare folosită este aceea a nivelmentului geometric de precizie, cu dezvoltări de drumuiri sprijinite întotdeauna pe reperul de bază. Efectuarea unui calcul simplu de repartiție a erorilor, față de media tuturor valorilor, ne va conduce la concluzia că deplasările mai mici de precizia aparatului utilizat nu trebuiesc luate în considerare, acestea nefiind deplasări fizice în teren, ci, numai mișcări teoretice în jurul mediei. Avându-se în vedere precizia aparatelor utilizate, nu ne putem aștepta ca pe fiecare punct să avem o precizie mai mare de eX și eY. În urma măsurătorilor, se poate constata:

- pe toată perioada de observații, bornele de referință nu se deplasează decât cu valori sub toleranța de eroare impusă de aparatură. Aceste puncte nu vor intra în arealele cu mișcări;
- o altă categorie de repere sunt acelea, relativ fixe, care, în aceeași perioadă de observații, au executat mișcări maxime de (0,75 m, repere care pot să rămână în afara ariei de alunecare cu mișcări mari, dar la fel de bine pot intra și-n categoria opusă;
- picheții care pe parcursul perioadei de observație au executat deplasări în suprafață mai mari de (0,75 m, au fost, și vor rămâne, mobili până la intrarea alunecării într-un echilibru morfodinamic.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Se va avea totuși în vedere faptul că, pentru picheții care au executat deplasări pe verticală mai mari de 2 cm, să se ia în considerare și deplasările orizontale mai mici, stabilite prin calculul erorii medii (25 cm), atunci când ele s-au efectuat pe aceeași direcție cu a punctelor învecinate.

4.1.3. Măsurători înclinometrice

In scopul aprecierii adâncimii până la care a fost afectată de alunecare masa deluvială, a direcțiilor spre care se execută mișcarea cât și a vectorilor de deplasare, se utilizează metoda măsurătorilor înclinometrice, în foraje echipate cu tubulatură "slope". Cu ajutorul măsurătorilor înclinometrice, se completează volumul de date obținute prin utilizarea metodei topometrice sau a măsurătorilor pe repere încastrate pe construcții. Metoda, foarte laborioasă, necesită investiții speciale, însă informațiile obținute sunt de precizie ridicată. Totodată, scurtarea perioadei de timp, dintre două observații, permite o corelare a vitezelor de deplasare cu cauzele care le generează. In plus față de alte metode, cea a măsurătorilor înclinometrice, ne permite o delimitare a perioadelor de evoluție dinamică a masei deluviale, ajutându-ne la stabilirea ciclicității unora dintre parametrii mișcării, atât în spațiu cât și în timp.

Pentru efectuarea măsurătorilor înclinometrice, e necesară, într-o primă fază, amplasarea în arealul afectat de alunecare a unor foraje ce vor fi echipate cu tubulatură "slope". De obicei, amplasarea acestora se face în zone care nu vor fi predispuse la mișcări catastrofale, în perioada de timp imediat următoare (relativ 1-2 ani). Alegerea zonelor se face în funcție de valorile vectorilor de deplasare, obținute prin măsurători topometrice. Forajele, cu un diametru de 136 mm, sunt executate mecanic, astfel încât baza lor să fie cel puțin 5-6 m în roca în loc, fără perspectiva de a fi antrenată în mișcare. După forare, urmează echiparea cu tubulatură specială, de formă cilindrică, din masa plastică cu diametrul de 90 mm, care prezintă patru caneluri de formă ortogonală. Tuburile slope se îmbină între ele cu ajutorul unui dispozitiv cu

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

patru lame dispuse la 90°, introduse în interiorul lor, asigurându-se continuitatea canelurilor. Ridigizarea tubului se face printr-o mufă care se fixează la capetele a două tronsoane consecutive.

Capătul tubului, care vine în contact cu talpa forajului, este prevăzut cu un dop de lemn, care va împiedica colmatarea coloanei. Cu rezultate la fel de bune, se folosește în prezent tubulatura cu profil pătrat din aluminiu, mai ușor de asamblat (fig. 13).

După introducerea coloanei în foraj, se execută burarea între tubulatură și pereții cu nisip fin, pietriș mărgăritar, cu granulație uniformă. In acest fel, se asigură un contact perfect între masa deluvială și coloană și, totodată, o preluare cât mai fidelă a mișcărilor care vor surveni în timp.

Burarea se controlează după 2-3 zile și, la nevoie, se completează capătul superior al coloanei, lăsat cu 50-70 cm deasupra cotei terenului și protejat cu un tub metalic (protectorul).

După aceste operații, se orientează una din caneluri pe direcția N, în scopul unei mai ușoare determinări a direcțiilor de mișcare. Se poate astfel efectua măsurătoare de bază.

Aparatul de măsură este sonda înclinometrică, care glisează în interiorul tubulaturii, fiind legată de o punte de măsură, la suprafață, cu un cablu tensiometric, trifilar, marcat din metru în metru.

Inclinometrul inductiv I.C.H., folosit de noi, se bazează pe variația de inductanță a două bobine plasate una în fața alteia. Intre aceste bobine, se află o lamă metalică prinsă în consolă, de a cărei parte inferioară este fixat un pendul. Schimbarea poziției axei de simetrie a pendulului duce la modificarea poziției lamei elastice între cele două bobine, având ca efect schimbarea inductanței celor două bobine.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY
B.C.U. „M. EMINESCU" IAȘI

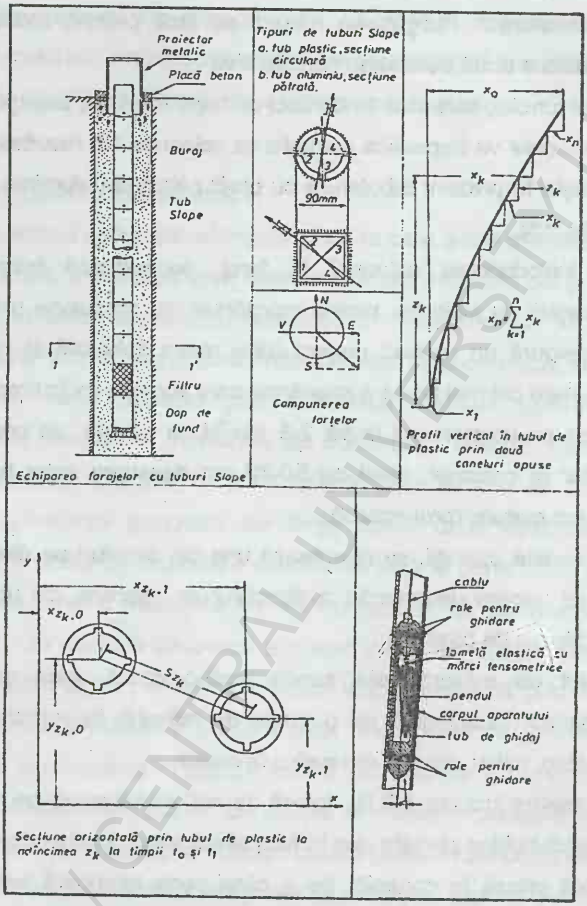


Fig. 13. Schema de amplasare a tubulaturii; schema înclinometrului și tipuri de tubulatură "slope"

Inclinometrul este prevăzut cu două perechi de role, două mobile și două fixe, dispuse pe același plan, care servesc la ghidarea sondei în interiorul tubulaturii.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Puntea de măsură folosită este tensometrul monocanal tip N-2301 de producție românească.

Caracteristicile înclinometrului sunt: -greutatea sondei - 5kg; -lungimea - 75 cm; -diametrul - 50 mm; -distanța între rolele fixe - 50 cm; -domeniul de măsură - ± 25°; -sensibilitatea - 5";- precizia de măsură - 0,5-1,0 cm/m .

Prima măsurătoare este cea de referință, efectuată la cel puțin cinci zile de la echiparea forajului. Lansarea sondei înclinometrice se face pe direcțiile N-S și E-V, cu două măsurători pe ambele direcții. Pentru o precizie ridicată, având în vedere că funcție de ea se vor raporta măsurătorile ulterioare, cea de referință se va dubla la interval de o zi. Pasul de măsurătoare optimă, obținut pe cale experimentală în laborator, este de 50 cm, egal cu distanța dintre rolele fixe. Tot în laborator, s-a stabilit, funcție de citirile la puncte, la diferite unghiuri față de verticală, curba de etalonare cu care, ulterior, se vor calcula deplasările pe orizontală.

Pentru prelucrarea măsurătorilor, considerăm o secțiune verticală prin tub, în care calculăm deplasarea unui punct k, aflat la o adâncime oarecare h în foraj. Deplasarea orizontală într-un punct se calculează cu relația:

$D_k = N_k \cdot r$, în care:

N_k = citirea la aparat (mediată) în punctul k;

r = constanta înclinometrului pentru pasul de măsură de 50 cm.

Dacă N_{0k} reprezintă citirea inițială în punctul k și N_{1k} este citirea ulterioară în același punct, deplasarea relativă față de poziția inițială (citirea de referință) se calculează cu relația:

$$D_k = (N_{1k} - N_{0k}) \cdot r$$

Deplasarea totală, la capătul superior al forajului, se poate obține prin însumarea deplasărilor din fiecare punct, după relația:

ECU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$D = \sum_{k=1}^{n} Dk$$

Cota la care se raportează prima măsurătoare față de suprafața solului este dată de relația:

$h_0 = e - x$ în care:

e = distanța dintre axul primei role fixe și primul semn de pe cablu;
x = înălțimea protectorului.

Pentru un punct oarecare k, adâncimea reală de raportare va fi dată de relația:

$h_k = (e - x) + (k - 1) \cdot p$ în care :

p = pasul de măsură al sondei.

Pentru reprezentarea grafică a deplasărilor, valorile deplasărilor relative se trec într-un grafic h = f(d), având pe axa oy adâncimea în m, iar pe axa ox deplasarea în mm.

4.1.4. Măsurători pe repere încastrate în ziduri

In general, metoda este utilizată în zone predispuse la alunecări, acolo unde există indici de producere iminentă a procesului. Cu ajutorul ei, se pot aprecia atât deplasările pe verticală (tasările), cât și pe orizontală (fig. 14).

In acest sens, ne putem folosit de numeroasele ziduri de sprijin situate în lungul drumurilor, în zonele lor de debleu, de case afectate de mișcare,etc. Metoda constă în amplasarea pe ziduri (secțiuni din zid) a unui aliniament de repere metalice sau marcaje distincte (pete de culoare) pe coronament pentru tasări și pe fața de zid, pentru deplasări în plan orizontal.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

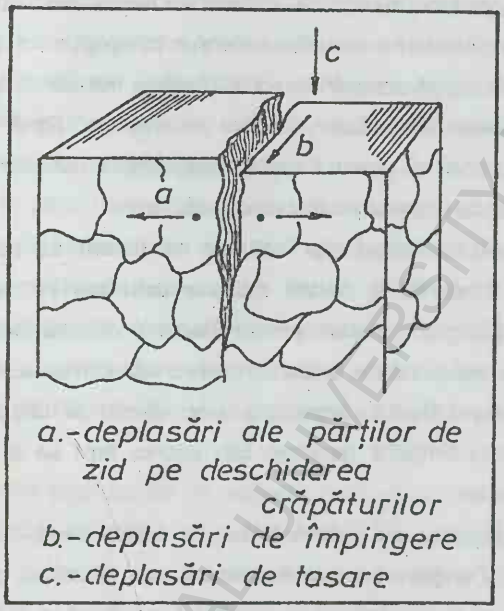


Fig. 14. Schiță de amplasare a reperelor pe ziduri

Reperele de pe coronament, prin raportarea la un reper de referință, ne pot releva, cu aproximație, atât deplasările pe verticală (tasările) cât și deplasarea în plan orizontal. Cu cât reperele sunt amplasate pe un aliniament mai mare, cu atât măsurătorile pacticate ne pot indica locul unde mișcare este mai activă, precum și "zona de canalizare" a vectorului de deplasare în suprafața versantului.

Cu această metodă se poate constata că, deși nu aparentă în relief, în timp, mișcarea de alunecare a preluat și zona construită, putându-se prevedea distrugerea imineantă a ei. Rezultatele măsurătorilor vor fi expuse în capitolul de dinamică a alunecărilor.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

4.1.5. Descrierea forajelor. Prelevări de probe

Cercetarea fenomenelor de instabilitate necesită o investiție deosebită, mai ales pentru elucidarea cauzelor care duc la apariția lor și menținerea în fază dinamică. In acest sens, în teren, cercetările trebuie să vizeze structura, compoziția și starea depozitelor afectate de mișcare. Dacă pentru cartarea cuverturii de depozite ne putem folosi de deschiderile naturale, pentru cele din arealele afectate de alunecări a fost nevoie de foraje.

Din analiza deschiderilor naturale ne putem da seama de marea neuniformitate existentă în cadrul maselor deluviale pe areale restrânse, alternanța de orizonturi, în care predominanța o dă matricea sau scheletul. Modul în care se produce acest amestec de componente, a evidențiat existența, în arealul flișului carpatic, a unor mișcări de depozite de versant, produse în cursul timpului geologic sau istoric, fapt ce a dus la o mare heterogenitate a lor.

In acest scop ne putem folosi, în primul rând, de caracterizările existente deja. Forajele executate, manual sau mecanic, care au urmărit traversarea păturii deluviale și au mers până în roca în loc, ne vor fi de un real folos. In astfel de cazuri, observația în teren va viza:

-grosimea păturii deluviale;

-alternanțele de orizonturi, modul de dispunere a matricei și scheletului, starea lui de degradare.

Acestă metodologie este aplicată atât în analiza unor foraje mecanice și deschise, cât și în aceea a unor deschideri naturale pe care le vom considera caracteristice, pentru descrierea depozitelor de versant.

Amplasarea noilor foraje se va face astfel încât să acoperim o arie cât mai mare de versant. Acolo unde, pe anumite unități litofaciale, nu avem foraje și nici posibilitatea de a efectua unele noi, se va folosi deschideri naturale, care pot depăși aria de investigație.

50 UAIC / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

După întocmirea profilelor forajelor, se va stabili numărul și frecvența colectării probelor necesare analizelor de laborator. De obicei, pentru o mai bună caracterizare a depozitelor afectate de proces, se vor colecta probe pentru umidități naturale din 50 în 50 de cm. Pentru celelalte analize, probele se vor colecta din metru în metru, iar acolo unde schimbarea orizontului o impune, se vor recolta și la distanțe mai mici.

In cazul în care, în deschiderile analizate, au fost depistate suprafețe de alunecare, numărul probelor se va mări. Pentru urmărirea variației umidității naturale se vor recolta probe din 5; 10; 15; 20 și 25 cm, în plan vertical, deasupra și sub poziția suprafeței de alunecare, dar și în profil orizontal. Prin aceasta metodologie de recoltare se va urmări o cât mai bună caracterizare a pragului de discontinuitate, pe care-l introduce suprafața de alunecare în masa deluvială.

In recoltarea probelor se va respecta toate normele meteorologice în vigoare. Din analizele de teren asupra forajelor și a deschiderilor, se obțin descrieri sumare, calitative, asupra depozitelor de versant, urmând ca prin analize de laborator, să realizăm descrierile cantitative ale acestora.

4.1.6. Măsurători asupra precipitațiilor atmosferice. Evaluarea rezervei de apă din zăpadă

In vederea caracterizării regimului pluviometric al zonei investigate, se prelucrează datele înregistrate la posturi pluviometrice amplasate în vecinătate. La toate aceste posturi, se urmăresc cantitățile lunare de precipitații, maxime în 24 de ore, producerea ploilor cu caracter deosebit, perioade cu ploi continuu, ce însumează o anumită cantitate.

Pentru corelarea fazei dinamice a alunecărilor cu precipitațiile, se pot amplasa posturi pluviometrice noi în punctele de observații. Măsurătorile se vor efectua la orele standard, astfel încât, ele să poată fi corelate cu cele de la alte posturi.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In scopul stabilirii rezervei de apă din stratul de zăpadă se pot efectua ridicări nivometrice în bazinele cu alunecări. Pentru această operație se utilizează densimetrul de zăpadă și rigla nivometrică. Măsurătorile se efectuează, de regulă, de-a lungul curbelor de nivel. Cu rezultatele obținute se întocmesc hărți ale rezervei de apă din stratul de zăpadă în perioada observată.

4.2. Cercetări de laborator

Paralel cu activitatea de cercetare în teren, se efectuează analize de laborator privind proprietățile fizice ale depozitelor de versant, cât și ale caracteristicilor chimice ale apelor de suprafață și a celor deluviale. Totodată se pot face modele de aproximare a volumului de deluvii efectuate de mișcare.

In cadrul cercetării de laborator, folosind metode specifice chimiei, geochimiei și geologiei inginerești, se caută explicații asupra modului de realizare a fazei dinamice; a modului în care se produce transferul de ioni solubili între substrat, depozite deluviale și apele subterane; o mai precisă aproximare a volumului de deluvii pus în mișcare de procesul de alunecare.

4.2.1. Proprietățile fizico-mecanice ale depozitelor deluviale

Analizele fizice asupra depozitelor deluviale, efectuate în laborator, vizează delimitarea tipurilor de depozite de versant funcție de: substratul litologic; de degradarea lor fizică și chimică, precum și implicațiile acestora în procesul dinamic. Importante sunt analizele asupra: umidității naturale a deluviilor (umiditatea totală - Wo; umiditatea schelet - Ws; umiditatea matrice - Wm); limitelor de plasticitate (limite Atterberg), superioară (Wc) și inferioară (Wf); granulometriei și porozității. Prin calcul, s-au estimat indicele de plasticitate (Ip), indicele de consistență (Ic) și indicele de activitate coloidală (Ac). Analize de laborator efectuate se corelează cu analizele furnizate de studii anterioare.

BCU "ȘTEFAN CEL MARE" UNIVERSITY LIBRARY

Umiditatea naturală exprimă starea de umectare a depozitelor deluviale la un moment dat, cauzată de apa care circulă liber prin pori.

In teren se recoltează probe netulburate pe care se determină umiditatea naturală (schelet + matrice), cât și probe la care se căută ca, cele două fracțiuni granulometrice să fie separate. Acestea din urmă, tulburate, vor folosi la determinarea umidității matricei și scheletului.

Determinările de laborator se fac respectând, atât la colectare cât și în laborator, metodologii deja consacrate.

Analize granulometrice. Prin aceste analize se urmărește stabilirea modului în care, în masa depozitelor deluviale, sunt distribuite particulele solide. Având în vedere natura diferită sub raport textural, metodele de analiză utilizate vor fi cele specifice depozitelor fără coeziune dar și cele pentru depozitele cu coeziune mică și mare.

Limitele de plasticitate. Matricea depozitelor deluviale se comportă, în prezența apei, în mod diferit, trecând din starea solidă, stabilă, până la plastic curgătoare. Starea de plasticitate, specifică procesului de alunecare, este caracterizată de două limite de valori ale conținutului în apă, pe care le considerăm umidități prag.

O primă limită este aceea de la care deluviile pot deveni plastice, corespunzătoare cu limita inferioară de plasticitate (Wf).

Limita superioară de plasticitate reprezintă pragul peste care, orice cantitate de apă liberă înmagazinată de deluvii, le poate transforma în curgeri de noroi. Din această cauză limita superioară de plasticitate mai este denumită și limită de curgere (Wc).

In ambele cazuri este deci vorba de conținutul de apă liberă care permite masei deluviale să se comporte ca un material plastic. Sunt însă, nu rare cazurile când, atingându-se pragul inferior de plasticitate, toate depozitele de versant vor deveni stabile sau când, la valori ale umidității naturale cuprinse în ecartul dintre limita inferioară și cea superioară de plasticitate, se va realiza momentul declanșării și evoluției dinamice. Așa cum este de prevăzut, la acest

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

momentul declanșării și evoluției dinamice. Așa cum este de prevăzut, la acest moment-prag, conlucrează o serie de condiții limită.

Fiind vorba de umidități ale depozitelor deluviale, stabilirea lor experimentală se face în același mod ca la umiditatea naturală. Diferă însă, modul în care este preparat materialul deluvial pentru analize.

Aflarea domeniului de umiditate, în care deluviile se comportă ca un material plastic este definit ca *indice de plasticitate*, și se calculează cu relația:

$$I_p = W_c - W_f$$

Starea fizică, la un moment dat, a masei deluviale în relație directă cu starea lui de umectare naturală, este denumită *indice de consistență* și se exprimă prin relația:

$$I_c = \frac{W_l - W_0}{W_l - W_f} = \frac{W_l - W_0}{I_p}$$

In cazurile în care valoarea lui Wo este cuprinsă între limita inferioară și cea superioară de plasticitate, atunci valoarea Ic va fi cuprinsă între 0 și 1.

Determinarea *porozității* s-a făcut prin calcul, cu ajutorul formulei:

$$n\% = 100 - \frac{100G_s}{V \cdot s}$$

pe probe netulburate, în care:

G_s = greutatea probei după uscare;

V = volumul probei în stare naturală, măsurat înainte de a se calcula umiditatea

s = greutatea specifică a deluviilor, care se calculează cu relația:

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$s = \frac{G_s}{V_s}$ în care:

G_s = greutatea deluviilor,

V_s = volumul total al deluviilor.

Indicele de activitate coloidală reprezintă raportul dintre indicele de plasticitate și greutatea (%) particulelor cu diametrul mai mic de 0,002 mm. El se exprimă cu ajutorul formulei:

$$A_c = \frac{\text{indicele de plasticitate}}{\text{greutatea (\%) fracțiunii cu } \phi < 0{,}002\ mm}$$

Cu ajutorul acestui indice se caracterizează fracțiunea argiloasă conținută în deluvii ca:

- activă (Ac > 1,25);
- normală (1,25 < Ac < 0,75)
- inactivă (Ac < 0,75).

4.2.2. Evaluarea cantitativă a volumului de deluvii

Majoritatea cercetărilor asupra alunecărilor de teren nu au avut în vedere estimarea cu exactitate a volumului de material pus în mișcare de proces. Aprecierea, în teren, a unor date cantitative a rămas la aproximarea cercetătorului, astfel încât posibilitatea introducerii de erori de măsurătoare sau calcul este destul de mare. Stabilirea unor indici morfometrici ai corpului alunecării se face după diverse metodologii, funcție de pregătirea celui care a investigat procesul. Fără a avea pretenția unei prezentări exhaustive a metodelor utilizate anterior, vom cita câteva dintre ele.

BCU ASTI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cercetătorii români, italieni, francezi și polonezi, în descrierea alunecărilor, dau ca dimensiuni caracteristice lungimea, lățimea și grosimea corpului deluvial. Parțial, apar și indicii asupra înălțimii zonei de desprindere și chiar amplitudinea dintre formele pozitive și negative, cu scopul de a reliefa starea de frământare a lui.

O primă încercare notabilă, în aproximarea volumului de deluvii, este prezentată de *F.O. Jones și colab., 1961,* care, în investigarea a 200 de alunecări și prelucrarea statistică a datelor, folosesc o fișă cu elemente de morfometrie. Autorii folosesc ca date caracteristice principale panta versantului, înainte și după declanșarea procesului; lungimea corpului alunecării; componenta orizontală a lungimii, luată pe secțiunea mediană a alunecării și diferența de altitudine între zona de desprindere și zona frontală a ei.

In anul 1972-1973, în colaborare cu *I. Ichim,* am stabilit că, pentru caracterizarea unei alunecări de teren, sunt necesare următoarele elemente de morfometrie: lungime medie, pantă medie,suprafață, grosime medie și volumul.

In aproximarea volumului de deluvii pus în mișcare s-a considerat corpul alunecării un paralelipiped cu baza un dreptunghi și s-a folosit relația:

$V = L \cdot l \cdot h$ în care:

L = lungimea medie;
l = lățimea medie;
h = grosimea medie.

O metodă asemănătoare este folosită de *J. Biarez și colab., 1971,* care consideră volumul un produs dintre aria de versant afectată de mișcare și grosimea medie a deluviilor, echivalentă cu adâncimea medie a suprafeței de alunecare.

In anul *1972, P.H. Temple și A. Rapp,* referindu-se la o alunecare produsă într-o zonă montană din Tanzania, propun o nouă formulă de apreciere a volumului de deluvii pus în mișcare. Cazul, asupra căruia se opresc, este cel al unei alunecări de tip "vale de alunecare". De fapt, autorii fac

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

calculul volumului părții negative, rămase pe versant, în urma detașării deluviului, considerând-o echivalentă cu acumularea din conul deluvial.

In accepțiunea lor, acest volum reprezintă un sumum al unor secțiuni cilindrice și sferice din imediata vecinătate a zonei de desprindere (V_1) și al unei secțiuni de trunchi de con (V_2), reprezentând partea mediană a alunecării, analoagă cu canalul de evacuare a materialului (fig 15 F). Prin însumarea lui V_1 și V_2 se stabilește volumul total cu ajutorul relației:

$$V_t = V_1 + V_2 = a \cdot b \cdot \sin\Theta(0{,}021a + 0{,}146L)$$ în care:

L = lungimea totală a abruptului de desprindere și

Θ = unghiul complementar pantei versantului.

Utilizarea acestei metode la alte tipuri morfologice de alunecări fiind improprie, s-a impus asimilarea corpului alunecării cu alte forme geometrice. O altă formulă propusă pentru aproximarea volumului mobilizat de procesul de alunecare aparține lui M. *Haigh, 1984,* și ea se exprimă astfel:

$$V = 0{,}44 \cdot W_x \cdot D_x \cdot L_x$$

Ea se aseamănă într-o oarecare măsură și cu cea propusă de către *D. Cruden, 1989,* secretarul "International Landslide Research Group", care aproximează volumul cu ajutorul expresiei:

$$V = 1/6\Pi \cdot L_x \cdot D_x \cdot W_x = 0{,}40 \cdot L_x \cdot D_x \cdot W_x$$ în care:

L_x = lungimea alunecării între frunte și cap,

D_x = grosimea corpului alunecării,

W_x = lățimea medie a alunecării.

De fapt ambele formule de aproximare a volumului mobilizat de alunecări de teren reprezintă doar variante ale celor preconizate de *I. Ichim și V. Surdeanu, 1972-1973 și de J. Biarez și colab., 1971.*

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In anul 1981 am propus scheme de asimilare a principalelor tipuri de alunecări de teren, prezente în aria flișului, cu forme geometrice la care măsurarea unor elemente de morfometrie este ușor de făcut.

In cazul alunecărilor lenticulare (fig 15 A), cu extindere mică în suprafață și cu adâncime redusă, care produc o degajare a deluviului din zona afectată de proces, măsurătorile se pot face pe forma negativă, denudată. S-a asimilat această formă cu un semicilindru, cu baza o elipsă, iar volumul deluvial poate fi apreciat cu ajutorul formulei:

$$V = 0,785 \cdot a \cdot b \cdot h$$

O situație aparte o prezintă micile alunecări de tip "vale de alunecare", aflate în fază inițială de evoluție. Grosimea deluviilor, deși redusă (1,5-2 m), este mai mare decât în cazul precedent. Mișcarea, produsă translațional, nu duce la degajarea de pe versant a masei deluviale. In acest caz, măsurătorile morfometrice se vor face pe corpul alunecării, prin asimilarea lui cu un semicilindru cu baza elipsă și două sferturi de elipsoid de rotație. Volumul de deluvii se poate aprecia cu ajutorul formulei:

$$V = 0,75 \cdot a \cdot b\ (h + 0,26 \cdot c) + 1,046 \cdot a \cdot b \cdot c$$

In cazul marilor văi de alunecare, forma morfologică de manifestare specifică a procesului în ariile montane sau de dealuri, volumul a fost asimilat cu cinci secțiuni, asemănătoare cu un semicilindru cu baza elipsă și sfert de elipsoid. Formula de bază căreia se poate calcula (fig. 15 C) este:

$$V = a \cdot 0,785 \cdot b\ (h_1 + h_2) + b_1\ (h_2 + 0,66 \cdot c) + 1,046 \cdot b \cdot c$$

Pentru alunecările cu fragmentare complexă, cu suprafețe mari și grosimi ce depășesc 5 m, intervin greutăți în aproximarea elementelor de morfometrie. In primul rând sunt necesare foraje în aproximarea adâncimii

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

suprafeței de alunecare. In cazul în care, se surprind în foraje mai multe suprafețe de alunecare, atunci asimilarea cu corpuri geometrice a alunecării se face în funcție de cea activă, în momentul respectiv. Volumul deluvial, asimilat cu o covată elipsoidală (fig 15 D), poate fi exprimat cu ajutorul formulei:

$$V = a \cdot l \cdot (0{,}5\ h \cdot 0{,}523\ c)$$

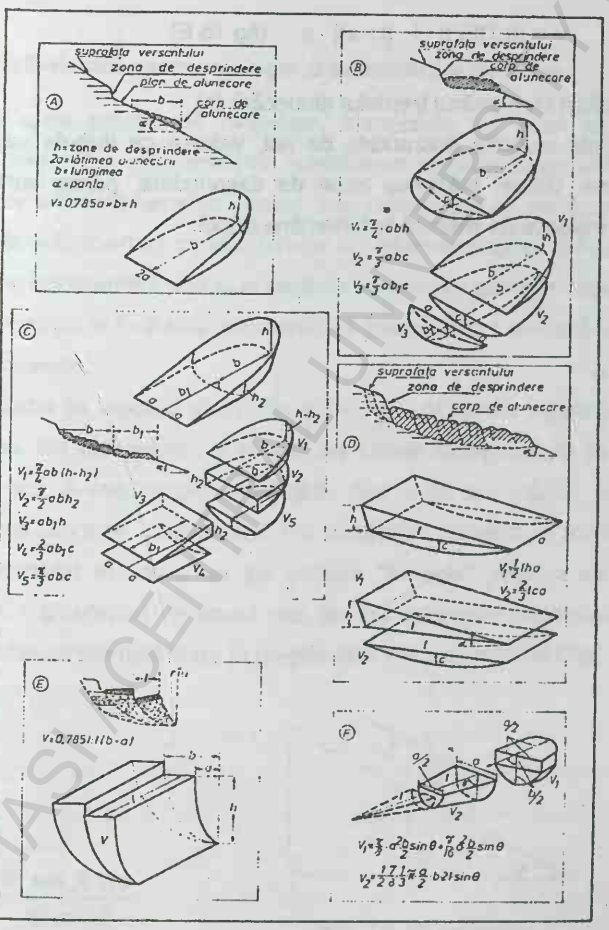


Fig. 15. Formule de aproximare a volumului alunecărilor de teren

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Alunecările în trepte, rotaționale, produse fie în malurile organismelor torențiale, fie în vecinătatea zonelor de desprindere, constituie cazuri aparte. Corpul alunecării a fost asimilat cu un cilindru cu baza elipsă, repetat, în succesiune, din aval spre amonte. In cazul acestora, volumul pus în mișcare poate fi aproximat cu ajutorul formulei:

$$V = [0,785\ h \cdot l \cdot (l - a)] \cdot n \quad \text{(fig 15 E)}$$

și va fi multiplicat cu numărul treptelor alunecării (n).

In toate cazurile prezentate de noi, valorile ce trebuie măsurate în teren (lungime, lățime, înălțimea zonei de desprindere, panta) sunt ușor de apreciat, cu mijloace de măsură la îndemâna oricui.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

5. ELEMENTELE UNEI ALUNECARI DE TEREN CA VARIABILE MORFOMETRICE ALE SUBSISTEMULUI. CORELATII INTRE VARIABILE.

5.1. Sistemul geomorfologic al alunecărilor de teren

Ca orice proces de modelare, alunecările de teren se înscriu în geometria versanților, nu numai prin schimbarea morfologiei acestuia, ci și prin schimbări de ordin morfometric, uneori, total diferite față de morfometria inițială a lui. Aceste schimbări se produc funcție de mărimea forțelor care iau parte la declanșarea fenomenului, cât și a stadiului în care se găsește cuplul de forțe, Fm-forțele motrice și Fr-forțele de rezistență (mecanismul alunecării), pe timpul derulării procesului.

Funcție de raportul dintre Fm și Fr , se vor derula nu numai variabile morfometrice ale versantului, ci și cele ale formei implementate de proces pe versant, adică a morfologiei alunecării. Așa cum am văzut, procesul de alunecare se produce atunci când Fm depășesc stressul la forfecare, deci, stressul acumulat în masa de pe versant "învinge" puterea de rezistență (coeziunea + greutatea). In acest caz, au loc schimbări importante în masa deluvială, care se vor răsfrânge în proprietățile mecanice ale ei (Fig. 16).

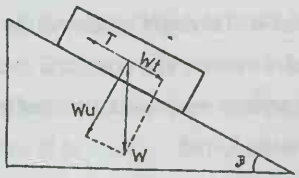


Fig. 16. Mecanismul alunecărilor de teren

$$F_s = \frac{W \cos \beta \, tg\varphi}{W \sin \beta}$$

F_s = coeficient de siguranță

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

W = greutatea;

β = unghiul pantei;

T = forțe rezistente (forfecări);

φ = unghi intern de frecare.

$T = W_n \, tg\varphi$ și în echilibru:

$T = Wt$

In momentul declanșării alunecării, vom asista la depășirea unghiului de frecare internă, consecință a scăderii coeziunii dintre particulele constituente ale masei, datorită creșterii presiunii apei din pori.

Pentru determinarea unghiului de frecare internă se folosește formula lui Coulomb:

$\tau = \sigma \, tg\varphi + c$

în care:

τ= rezistența la forfecare;

σ= presiunea normală pe pante de forfecare [daN/cm2];

φ = unghi de frecare internă;

c = coeziunea.

Ecuația lui Coulumb, deși relație empirică, are o verificare experimentală de peste 200 ani. Descoperirea rolului jucat de presiunea apei în pori i-a permis lui K. Terzaghi o contribuție de seamă în estimarea mai corectă a unghiului frecării interne și a coeziunii rocilor pe baza presiunilor efective.

Tinând seama de presiunea apei în pori, ecuația lui Coulumb-Terzaghi va avea următoarea formă:

$\tau = (\sigma - \mu) \, tg\varphi + c$ în care:

μ = presiunea apei din pori, ce se poate calcula cu ajutorul formulei

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$\mu = \gamma_a \cdot h_a$ în care:

γ_a = greutatea specifică a apei;

h_a = înălțimea echipotențialului dus în punctul O,

Transpusă grafic ecuația lui Coulumb-Terzaghi a luat următoarele aspecte:

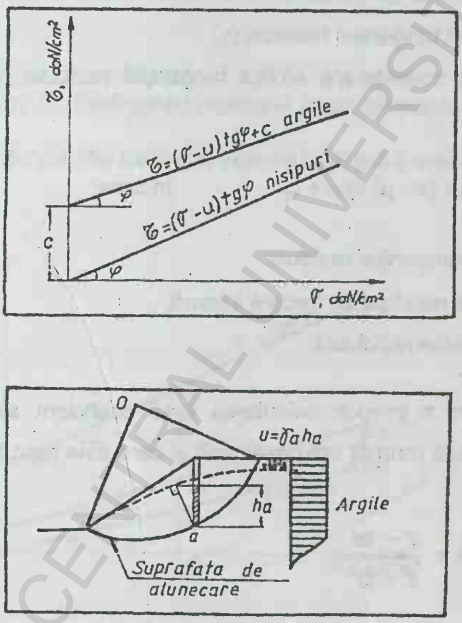


Fig. 17 Graficele ecuației Coulomb-Terzaghi (după M.N.Florea, 1979)

Aceste drepte au fost construite pe baza a două-trei perechi de valori experimentale (teren, laborator) pentru τ și $(\sigma - \mu)$.

In sistemul de coordonate τ și σ, ecuația Coulumb-Terzaghi trece prin origine pentru nisipuri (lipsite de coeziune) și pentru argile, dreapta intersectează axa Oy, la o distanță de origine care reprezintă coeziunea.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In determinările de laborator, forța tangențială ce se înregistrează pentru calculul efortului tangențial τ are o valoare maximă, ceea ce face ca și efortul τ să înregistreze o valoare maximă, în momentul ruperii. Dacă se continuă experimentul, se observă după efectuarea ruperii, pe măsură ce deplasarea pe planul ruperii crește, efortul tangențial se micșorează până la o valoare limită care rămâne constantă.

Acest efort tangențial, obținut după formula planului de rupere, poartă denumirea de efort tangențial rezidual (τ_r).

Luând în considerare efortul tangențial rezidual, ecuația Coulumb-Terzeghi devine:

$$\tau_r = (\sigma - \mu)\, tg\varphi_r + c_r$$ în care:

τ_r = efort tangențial rezidual;

φ_r = unghi rezidual de frecare internă;

c_r = coeziune reziduală.

Skempton a propus calcularea unui coeficient sintetic, coeficientul rezistenței reziduale (număr adimensional) și care este raportul dintre:

$$R = \frac{\tau - \tau a}{\tau - \tau r}$$

în care:

τ = efort tangențial

τ_r= efort rezidual

τ_a= efort tangențial pe suprafața alunecării

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

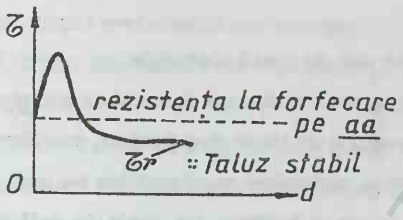


Fig. 18. Forfecarea reziduală (după Skempton)

In funcție de valorile lui τ_a și τ_r valorile lui R pot fi între 0 și 1.

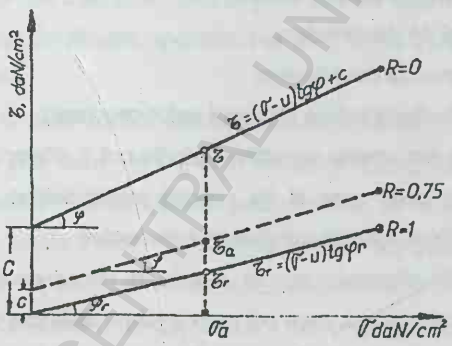


Fig. 19. Determinarea unghiului de frecare internă și a coeziunii pe suprafața de alunecare

în care:

τ_a = efort tangențial pe suprafața de alunecare;

σ_a = efort normal pe suprafața de alunecare;

τ = efort tangențial;

τ_r = efort tangențial rezidual.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

La o alunecare de teren se disting două zone a căror evoluție și morfometrie sunt distincte și care, la rândul lor, se constituie în două subsisteme:

- o zonă furnizoare de masă și energie
- o zonă în care are loc stocare de masă și energie.

Sistemul alunecare de teren deci poate fi coordonat de existența celor două subsisteme. Dintre variabilele morfometrice pe care le analizăm, o parte se vor referi numai la un subsistem, iar altele la celălalt, existând totuși și variabile ce se vor referi la întregul sistem - alunecare de teren.

Principala zonă furnizoare de masă, este zona de desprindere (cornișa de desprindere). Pentru zona de desprindere s-au evidențiat următorii parametrii:

- lungimea zonei de desprindere;
- lățimea zonei de desprindere;
- înălțimea zonei de desprindere
- raza zonei de desprindere (în cazul celor circulare).

Pentru fiecare din aceste variabile, valorile pot fi diferențiate funcție de natura materialului în care apar și de condiții morfometrice ale sistemului versant, pe care și-a făcut apariția subsistemul alunecare.

Pe corpul unei alunecări pot să apară, în cursul evoluției dinamice, zone de desprindere secundare, care pot marca etape distincte de mișcare, cât și mecanisme diferite de transfer de masă. Acestea pot deveni, probabil, într-un nou ciclu de reactivare, zone de desprindere principale. Totodată, în amonte, pe suprafața inițială a versantului, pot să apară crăpături, ca răspuns la efectul de tracțiune exercitat de masa de teren decolată din zona de desprindere principală. Și aceste crăpături pot deveni, într-un ciclu viitor sau chiar într-o etapă imediat ulterioară, zone de desprindere principale.

Un alt parametru interesant, în descrierea zonei de desprindere, îl constituie natura materialului în care a apărut.

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

Corpul alunecării reprezintă masa de material pusă în mișcare de către proces. El este caracterizat printr-un:

-cap - zona de început a alunecării sub cornișă,

-o frunte (vârf, limita inferioară) fiind delimitată în două părți distincte sub aspect morfologic.

Corpul alunecării prezintă o fragmentare foarte variată, funcție de componentele granulometrice care iau parte la alcătuirea lui. Astfel, pentru un conținut de argilă ridicat, fragmentarea corpului de alunecare va fi mai slabă, predominând văluirile, bombările. Pe când, creșterea fracțiunii nisipoase va duce la creșterea decelării corpului alunecării în fragmente de diferite mărimi, separate de crăpături. Aceste crăpături apărute pe corpul alunecării - cu viață efemeră - sunt de două feluri:

- crăpături de tracțiune - prin lărgirea fisurilor dintre fragmente

- crăpături de strivire, specifice mai mult zonei frontale și de aglomerări de mase deluviale.

De obicei între corpul alunecării și cornișa de desprindere rămâne o porțiune liberă, prin care se pune în evidență suprafața de alunecare. De asemenea, această suprafață se poate pune în evidență pe flancurile alunecării - unde poate fi mai mult sau mai puțin evidențiată, funcție de violența mișcării sau de proprietățile materialelor puse în mișcare.

Pentru corpul alunecării, *Eckel, 1958, Brundsen, 1973, Carrara și Merenda, 1974, 1976* au propus următoarele variabile:

- grosimea masei deluviale afectate;

- distanța cornișă-picior;

- lățimea corpului alunecării

  - maximă

  - medie.

In funcție de întreg sistemul - alunecare de teren - s-au mai estimat următoarele variabile (fig. 20):

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

-lungimea maximă - dintre cornișă și fruntea alunecării;

-perimetrul alunecării;

-suprafața alunecării.

Desigur că aceste variabile morfometrice nu sunt "tabu", așa că, fiecare din cercetători își poate introduce una sau mai multe variabile, care-l pot conduce spre o mai aprofundată cunoaștere a procesului și formelor generate de el.

Astfel de sugestii de metode pentru raportarea alunecărilor, le găsim la *D.M. Cruden ,1989*, care propune în plus următoarele variabile:

- grosimea între suprafața inițială a versantului (h_i) și suprafața de alunecare;
- grosimea corpului alunecării după producere (h_a).

De asemenea, în ceea ce privește lățimea, se prevede o valoare în zona cornișei (zona de desprindere)-W_r și o lățime maximă a corpului alunecării W_d.Relativ la lungime, autorul vorbește despre o:

- lungime între cornișă și picior (Lr);
- lungime între cap și frunte (Ld);
- lungime totală cornișă-frunte.

Printre variabilele introduse de *D. Brundsen., 1973,* se numără și înclinarea versantului, inițială α, și o alta, corespunzătoare corpului alunecării, după producerea procesului.

O altă variabilă, care a fost introdusă încă din 1961 de *Jones, Embody și Peterson*, este aceea a echivalentului vertical, care nu este altceva decât, raportul dintre diferența de nivel dintre zona de desprindere și fruntea alunecării, preluată și de *Carrara și Merenda și D. Brundsen*,1973 (Fig.21).

Funcție de aceste variabile morfometrice s-au propus și altele de ordin sintetic, cum ar fi, suprafețe și volume.

In evaluarea suprafeței, toate lucrările referitoare la procesul de alunecare se opresc la o indentificare a corpului alunecării sau a întregului sistem alunecare cu un corp geometric regulat (cel mai adesea un dreptunghi

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

căruia, pe baza L și i, se propun mai multe tipuri de variabile referitoare la suprafață. Astfel se vorbește de:

- suprafața situată între cornișă și picior;
- suprafața dintre cornișă și frunte.

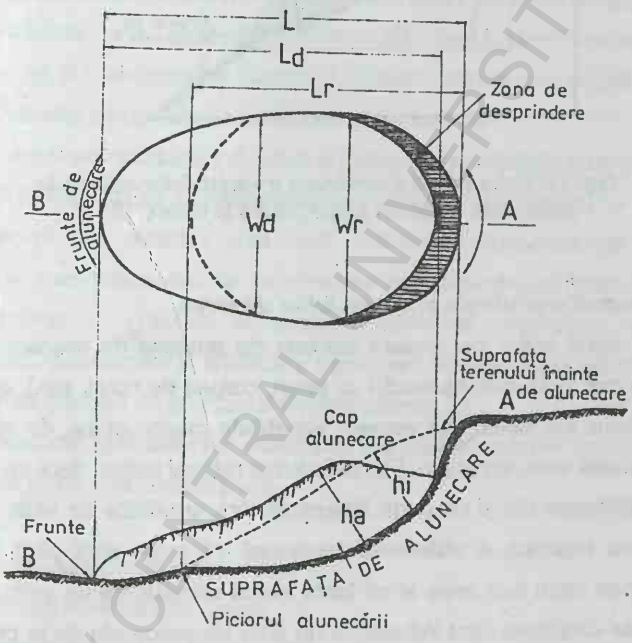


Fig. 20. Schema de aproximare a principalelor variabile morfometrice (după M.D. Cruden, 1989)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

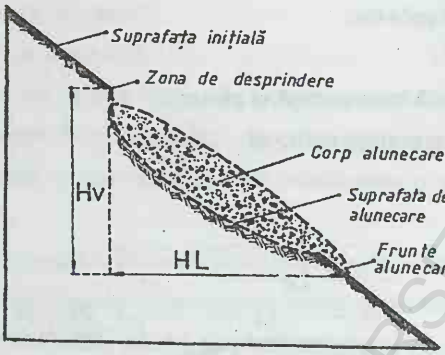


Fig. 21. Schemă de aproximare a variabilelor sistemului alunecare de teren (după Jones și colab, 1961)

5.1.1. Sistemul morfologic al alunecărilor de teren

In cazul ariilor de versant afectate de procese de mișcare în masă (căderi de roci, prăbușiri, alunecări de teren, curgeri de noroi, etc.), constituite ca subsisteme ale sistemului versant, variabilele morfometrice, de compoziție și de rezistență sunt complexe. Fiecare sistem natural există, deci, ca o unitate de sine stătătoare cât și ca parte integrantă dintr-o unitate de ordin superior. Organizarea ierarhică a sistemelor înseamnă că toate sunt părți în cadrul sistemelor de ordin mai mare și că toate includ subsisteme de ordin mai mic. Astfel, toate sistemele sunt influențate nu doar de procesele de la propriul lor nivel de ierarhie, ci și de cele care acționează la nivelul sistemelor mai mici, pe care le includ (*M.J. Haigh, 1989*). Un sistem versant poate să conțină mai multe subsisteme, care inițial sunt definite de condițiile lor limită, unde procesul se schimbă cu tipul și natura operanzilor. Apariția procesului de alunecare depinde, într-o primă fază, de procesele din mediul versantului, ca apoi evoluția sa, spre maximă entropie, să fie controlată de starea sistemului însăși. Dacă starea sistemului încurajează disiparea energiei, atunci, pe parcursul timpului,

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

materialul deluvial produs de sistemul de alunecare va descreşte, iar ea se va transforma în subsisteme de rang inferior. Dacă starea iniţială va încuraja disiparea entropiei, atunci, în sistemul alunecării se va acumula energie, de la sezon la sezon, şi se va organiza progresiv. Aceasta este o caracteristică generală a proceselor evolutive ca, pe măsură ce trece timpul, ele să devină tot mai independente faţă de mediu (*M.J. Haigh, 1989*).

In cazul subsistemului morfologic al alunecării de teren limitele lui sunt clar recunoscute prin existenţa zonelor de desprindere (principale şi secundare) cât şi a abrupturilor laterale. Mai puţin vizibile sunt variabilele care se referă la starea compoziţională sau cea de rezistenţă.

In stabilirea variabilelor din cadrul sistemului morfologic sunt cunoscute două tehnici: măsurători morfometrice (cu statistici descriptive) şi cartarea geomorfologică (cu statistici mai mult calitative). Suplimentarea acestor variabile cu cele referitoare la proprietăţile fizico-mecanice (granulometrie, densitate, coeziune, greutate volumetrică, limite de plasticitate, stress la forfecare, etc.) va conduce la o utilizare superioară a materialului informativ dar şi la creşterea gradului de precizie a analizei sistemului.

Variabilele prin care am descris forma unui *subsistem morfometric* al alunecării de teren sunt următoarele:

-lungimea maximă (Lm), metri;
-lăţimea maximă (lm), metri;
-adâncimea maximă (Hm), metri;
-lăţimea zonei de desprindere (De), metri;
-adâncimea zonei de desprindere (Dh), metri;
-raza zonei de desprindere (Dr), metri;
-echivalentul orizontal al mesei alunecate (Ho), metri;
-intervalul vertical al mesei alunecate (Hv), metri;
-raza suprafeţei de alunecare (Ra), metri;
-lungimea suprafeţei de alunecare (La), metri;

BCU "AB." CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

-perimetrul alunecării (Pa), metri;
-suprafața alunecării (A), metri pătrați;
-volumul alunecării (V), metri cubi;
-unghiul alunecării (α_c), grade;
-unghiul suprafeței de alunecare (α_a), grade;
-unghiul de repaos al masei alunecate (α_b), grade;
-granulometria depozitelor afectate de proces (G), procente;
-diametrul median al depozitelor afectate (Dm), milimetri;
-raportul dintre schelet și matrice (S/M);
-umiditatea naturală (W), procente

W_t = totală
W_m = a matricei
W_s = a scheletului);

-limita inferioară de plasticitate (W_f), procente;
-limita superioară de plasticitate (W_c), procente;
-indicele de plasticitate (Ip);
-indicele de consistență (Ic);
-indicele de activitate coloidală (Ac);
-porozitatea (n), procente;
-greutatea volumetrică (Υ_m)

Cartarea geomorfologică poate permite stabilirea extinderii spațiale a procesului de alunecare. Harta geomorfologică, pe care se vor implementa variabilele geotehnice, va fi un bun ghid pentru interpolarea spațială și înscrierea proprietăților alunecărilor; va sugera ariile cu un potențial ridicat de a fi afectate de procese de mișcare în masă; va permite descrierea relațiilor dintre sistemul versant și subsistemele pe care le cuprinde. Următorul pas în analiza variabibelor morfometrice și de stare este stabilirea gradului de

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

interdependență, realizabil prin tehnica corelațiilor dintre ele (de ex. între pantă și lungimea maximă a intervalului vertical; între granulometrie și umiditate naturală etc.). Cunoscând intensitatea și sensul relațiilor dintre variabile date de mărimea și sensul coeficientului de corelație putem alege acele variabile care au cel mai mare rol în modificare formei și în funcția de transfer în cadrul sistemului.

5.1.2. Sistemul în cascadă al alunecărilor de teren

Este imaginat ca "un traseu interconectat la transportul de masă și energie împreună cu stocajele pe care le poate solicita sistemul (*R.J. Hugget, 1985*). Această noțiune se referă deci la procesele care acționează asupra formelor. Relațiile dintre subsistemele unui sistem sunt acelea care marchează faptul că ieșirile dintr-un subsistem corespund cu intrările în altul. Intre intrări și ieșiri, existența unui regulator poate opera în așa fel încât o parte din masa și energie să rămână stocată pe o perioadă de timp (cascada depozitelor de versant). In cadrul sistemului versant stabilirea relațiilor dintre un subsistem și altul (subsistemul alunecare și subsistemul curgere noroioasă, de exemplu) și descifrarea ritmului mișcărilor (timpul de evoluție) pot fi de asemenea folosite pentru urmărirea istoriei versanților, a evoluției lor către stadii de "echilibru dinamic".

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

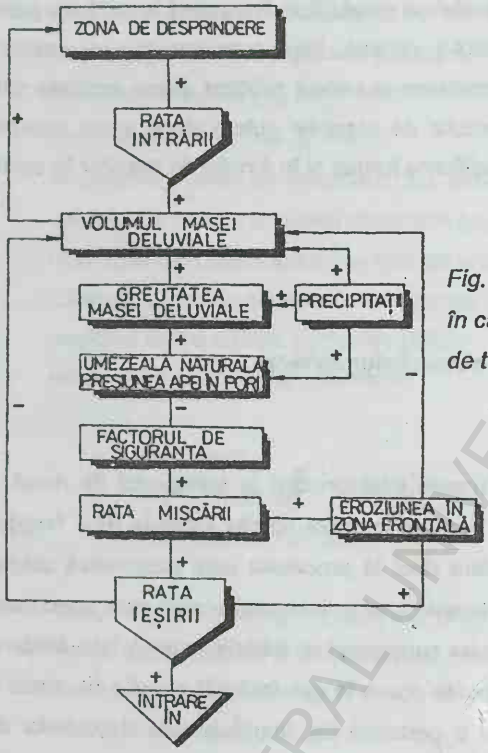


Fig. 22. Schema unui sistem în cascadă în cazul alunecărilor de teren

5.1.3. Sistemul proces-răspuns

Sistemul proces-răspuns, denumit și sistemul proces-formă, exprimă relația între forme și procese ca o interacțiune realizată pe două căi: procesele alterează forma, care, odată schimbată, alterează procesele. Relația proces-răspuns se află în centrul atenției geomorfologiei și, în practică, cele două căi sunt atât de legate, încât problema cauză-efect poate prezenta trăsăturile proverbiale ale "oului și găinii" *(R.L. Chorley, 1962).*

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Un sistem proces-răspuns exprimă relațiile dintre un sistem morfologic și unul în cascadă, pe care le cuprinde. In acest sistem, fiecare variabilă morfometrică va lua valori, în funcție de tranzitul de masă și energie. Ca urmare a operațiilor din sistem, variabilele morfologice ajung să aibă noi mărimi, care formează stadiul inițial pentru faza următoare a operațiilor. Există deci un aranjament de buclă de feet-back care controlează ajustarea sistemului, către un stadiu constant. De cea mai mare importanță sunt buclele negative care acționează pentru întoarcerea sistemului la configurația inițială (fig 22).

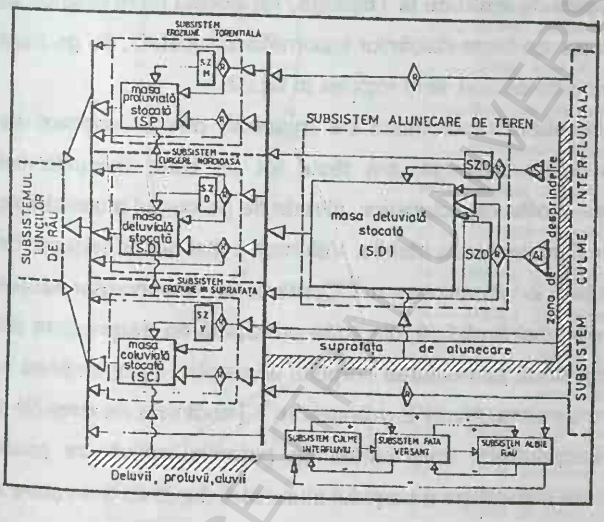


Fig. 23. Schema unui sistem proces-răspuns în cazul unei alunecări de teren

In studiul unui astfel de sistem trebuiesc identificați așa numiții regulatori, iar măsurarea lor valorică este de primă importanță. In cazul subsistemului alunecare de teren acești regulatori pot fi: panta; umiditatea naturală; eroziunea la baza versantului, intervenții antropice, etc. Importantă, de asemenea, este sublinierea legăturilor între formă și proces, cât și valoarea variabilelor care oferă praguri critice pentru mișcare (ex. precipitații cu caracter execepțional).

5.2. Definirea și măsurarea sistemului în teren

In cazul alunecărilor de teren, măsurătorile trebuie îndreptate spre următoarele variabile care vor defini sistemul: variabile morfologice și morfometrice (sau geometria sistemului); proprietățile fizico-mecanice și chimice ale materialului pus în mișcare (variabile geotehnice); variabile care controlează mișcarea ; rata intrărilor și a transferului de masă și energie.

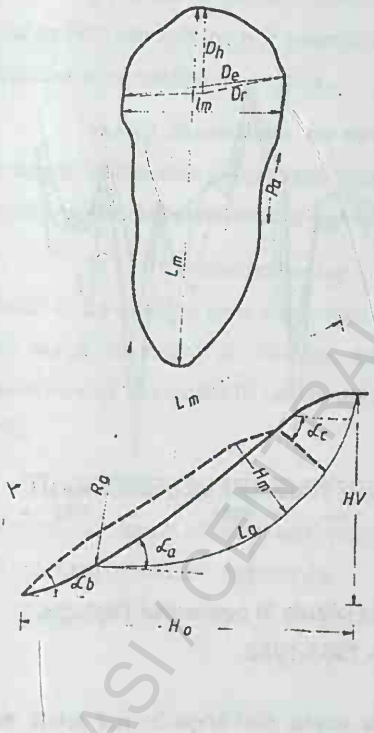
In cazul alunecării de teren de la Taşbuga, variabilele morfometrice au fost măsurate fie în teren, pe baza ridicărilor topometrice repetate, fie pe baza cartărilor geomorfologice de detaliu, fiind expuse în fig 23.

Aprecierea schimbărilor volumului de material, pus în mișcare de alunecarea de teren de la Taşbuga, s-a făcut tot pe baza măsurătorilor topometrice repetate pe profile caracteristice, situate fie pe corpul alunecării fie în zone care, inițial, au fost declarate stabile. Volumul, inițial pus în mișcare de proces, a fost estimat la 1,2-1,3 milioane m^3. Continuarea observațiilor asupra intărilor în sistem a evidențiat faptul că, din zona principală de desprindere cât și din pereții laterali, continuă alimentarea corpului alunecării, ajungându-se în anul 1989 la un volum de aproximativ 2 milioane m^3. Tendințele de evoluție a zonei principale de desprindere, spre partea sa potențial activă, se poate finaliza cu o nouă arie de alimentare a corpului alunecării dar și cu o creștere a daunelor produse.

Din studiile geotehnice existente sau din analizele efectuate (probe recoltate din masa deluvială) s-au extras variabilele de stare (proprietățile fizico-mecanice și chimice). In total, în cazul alunecării de teren de la Taşbuga, ne-am oprit asupra a nouă astfel de variabile (fig 23).

O atenție deosebită s-a acordat intrărilor în sistem. In cadrul intrărilor, ne-am oprit asupra analizei precipitațiilor atmosferice căzute în zonă, înainte de apariția alunecării, dar și după, ce s-au constituit în adevărate valori prag.

Astfel, la Taşbuga, în luna aprilie 1984, înaintea declanşării procesului, au căzut peste 400 mm precipitaţii (mai mult decât 1/2 din cantitatea medie multianuală). Efectul acestor ploi s-a repercutat nu numai în depăşirea stării de stress la forfecare, ci şi în menţinerea stării dinamice a subsistemului alunecare de teren şi a celui a curgerii noroioase, pe o perioadă lungă de timp, respectiv până în anul 1985, când intrările au crescut din nou (fig 24).



1 — Lungimea maximă (Lm/m) = 3145 m
2 — Lăţimea maximă (lm/m) = 350 - (400) m
3 — Adîncimea maximă (Hm/m) = 35 - 45 m
4 — Lăţimea zonei de desprindere (De/m) = 275 m
5 — Adîncimea zonei de desprindere (Dh/m) = 45 - 50 m
6 — Raza zonei de desprindere (Dr/m) = 200 (430) m
7 — Interval vertical al masei deranjate (Hv/m) = 530 m
8 — Echivalentul orizontal (Ho/m) = 3,100 m
9 — Raza suprafeţei de alunecare (Ra) = 4,500 m
10 — Lungimea suprafeţei de alunecare (La) = 1,710 m
11 — Perimetrul alunecării (Pa) = 6,400 m
12 — Suprafaţa alunecării (A) = 100 (120) ha
13 — Volumul alunecării (V) ≅ 2,0 mil. m³
14 — Unghiul suprafeţei de alunecare (∝a) = 15° - 16°
15 — Unghiul de repaos al masei deluviale (∝b) = 5° 6°
16 — Unghiul de alunecare (∝c) = 10° - 15°
17 — Granulometrie (G)
- nisip (Gn) = 25 - 55 %
- praf (Gp) = 15 - 50 %
- argilă (Ga) = 15 - 57 %
18 — Diametrul median (Dm) = 0,1 - 0,4 mm
19 — Raport schelet-matrice (S/M) = 2/1 - 1/2
20 — Umiditate naturală (Wo) = 20 - 23 %
21 — Limită inferioară plasticitate (Wf) = 14,0 - 19,0 %
22 — Limită superioară plasticitate (Wc) = 25,0 - 49,0 %
23 — Indice de plasticitate (Ip) = 21,0 - 29,0 %
24 — Indice de consistenţă (Ic) = 0,6 - 1,1
25 — Indice activitate coloidală (Ac) = 1,0 - 7,0

Fig. 24. Variabilele morfometrice şi de stare în cazul alunecării de teren Taşbuga

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Alternanțele de perioade ploioase și perioade secetoase au dus la accentuări și diminuări a transferului de masă în cadrul sistemului versant.

Cunoscând toate aceste variabile, prin stabilirea ordinii lor de importanță și a modului de intercondiționare, se pot imagina scenarii de funcționare a sistemului versant; a subsistemelor care îl compun, dar și a sistemului superior din care face parte (fig. 26).

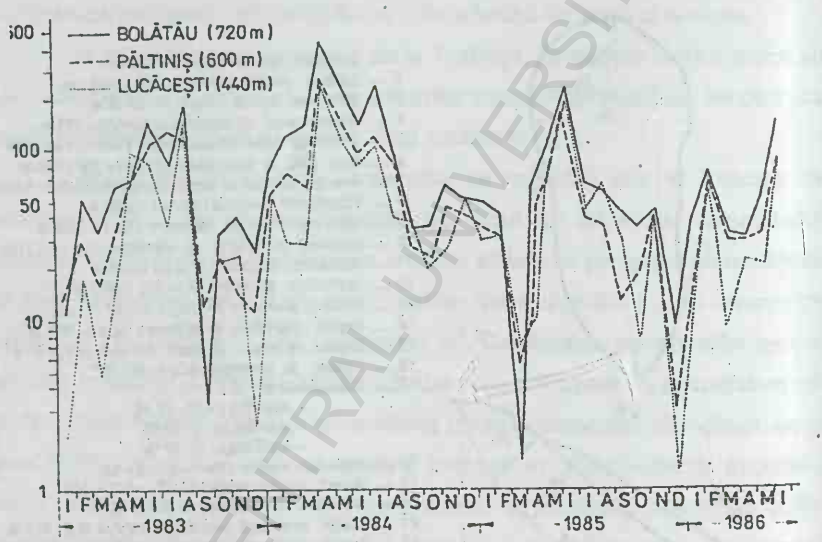

BOLĂTĂU (720 m)
PĂLTINIȘ (600 m)
LUCĂCEȘTI (440m)
100
50
10
1
I F M A M I I A S O N D I F M A M I I A S O N D I F M A M I I A S O N D I F M A M I
1983
1984
1985
1986

Fig.25. Precipitațiile atmosferice căzute în perimetrul Tașbuga, în perioada 1983-1986

Oscilațiile valorii unei variabile, se poate răsfrânge în noi relații de intercondiționare, nu numai la nivelul subsistemului propriu-zis, ci și la unități ierarhic inferioare dar și superioare lui, astfel încât, prin ajustări ale celorlalte variabile, să se mențină starea de echilibru dinamic.

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Din aspectele urmărite se desprind câteva concluzii mai semnificative:

-abordarea sistemică a proceselor de mișcare în masă, în special a alunecărilor de teren, duce la formarea unei baze de date incluzând informații climatice, asupra modului de utilizare a terenurilor, hidrologice, geomorfologice, geologo-geotehnice, de comportament dinamic etc.;

-pe baza analizelor geomorfologice și de geologie inginerească a sistemelor versanți se pot selecta cu mai multă precizie arealele care trebuie supuse unor analize de detaliu;

-studiul alunecărilor de teren în manieră sistemică se face, în egală măsură, atât pentru proces cât și pentru formă, permițându-se astfel o viziune mult mai liberă a schimburilor formei cu timpul;

-în cazul alunecării de teren de la Tașbuga se poate trage concluzia că tendința de evoluție este subordonată evoluției zonei principale de desprindere, ca sursă de masă și energie, dar și transferului de masă, a ieșirilor din subsistemul alunecării în cel al curgerii noroioase și, de aici, în cel al albiei de râu;

-tendința de evoluție a procesului și a formelor generate de el, pe arealul de versant afectat, va fi subordonată în continuare proceselor de stress și celor care-i slăbesc rezistența.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

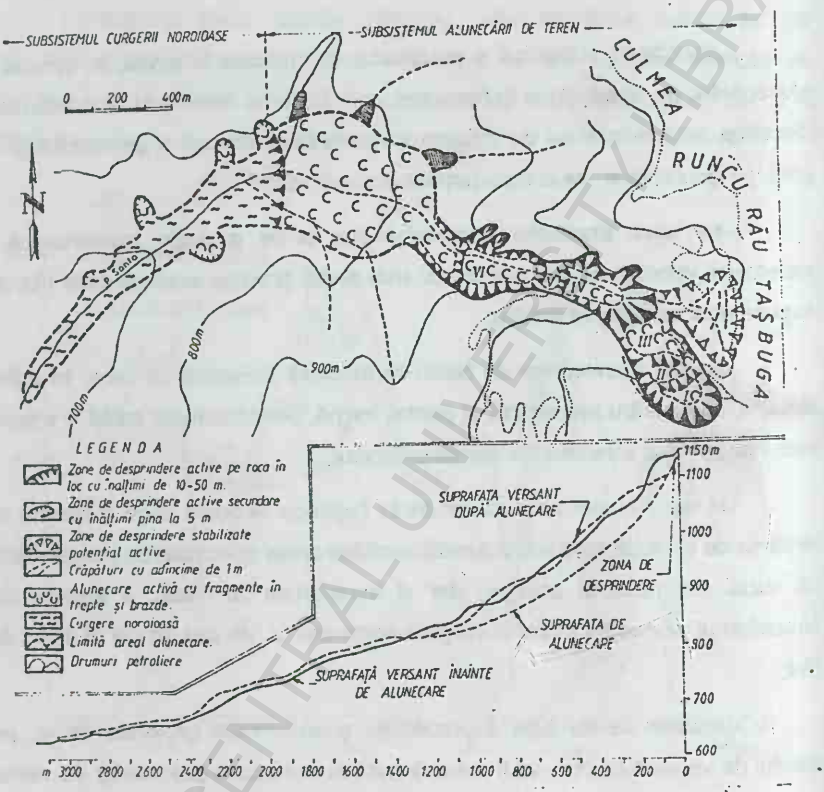


Fig. 26. Schiță geomorfologică și evoluția tranzitului deluvial în zona Tașbuga

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

6. DINAMICA ALUNECARILOR DE TEREN

Orice suprafață de versant se constituie într-o potențială zonă de alunecare. Evoluția acesteia în timp poate duce, sau nu, la declanșarea procesului. Deci, privind la scara timpului geologic, pe orice suprafață de versant, este posibilă o alunecare de teren. Reconstituirea în prezent a vechilor alunecări este aproape imposibilă. Cele mai vechi forme datează din pleistocen, deci, se situează ca vechime, la nivelul sutelor de mii de ani. Au fost alunecări de mare amploare, care au rămas în relief prin zonele lor de desprindere, sau prin forme majore de acumulare deluvială. In cazul lor, vorbim frecvent de forme vechi de alunecare, stabilizate. In rest, rămânem în domeniul subiectivismului. Discontinuitatea procesului de alunecare, în spațiu este ușor de evidențiat prin metode cartografice. Discontinuitatea sa în timp este însă dificil de apreciat, fără a cunoaște dinamica procesului și legile care îl guvernează.

Cauzele care contribuie la declanșarea alunecărilor se pot realiza, în toată complexitatea lor, într-un timp relativ scurt sau lung. In comparație cu timpul de acțiune asupra versantului a acestui complex de cauze, care îl declanșează, timpul de evoluție dinamică, cu mult mai redus, poate dura o perioadă de luni sau ani. In acest scurt timp, se pot înregistra perioade de accelerare a procesului dar și de diminuare a sa, iar, în condiții speciale, poate avea loc trecerea spre alte forme de manifestare (ex. curgerea noroioasă). In timpul evoluției dinamice, se produc schimbări rapide în morfologia zonelor de destrucție și de acumulare deluvială.

La un moment dat, aprecierile făcute asupra alunecărilor pot fi hazardate, și ulterior, nu mai pot fi confruntate cu situațiile din teren. Așa cum starea de echilibru nu este totală, nici faza dinamică nu se înscrie ca una continuă. Cel mai greu de marcat, în timp, este momentul declanșării

BCU "MIHAI EMINESCU" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

procesului, știut fiind că acesta este precedat de o fază de paroxism care, de obicei, consumă aproape toată energia, pentru ca apoi să urmeze faza de stingere a procesului și starea de echilibru morfodinamic (fig. 27).

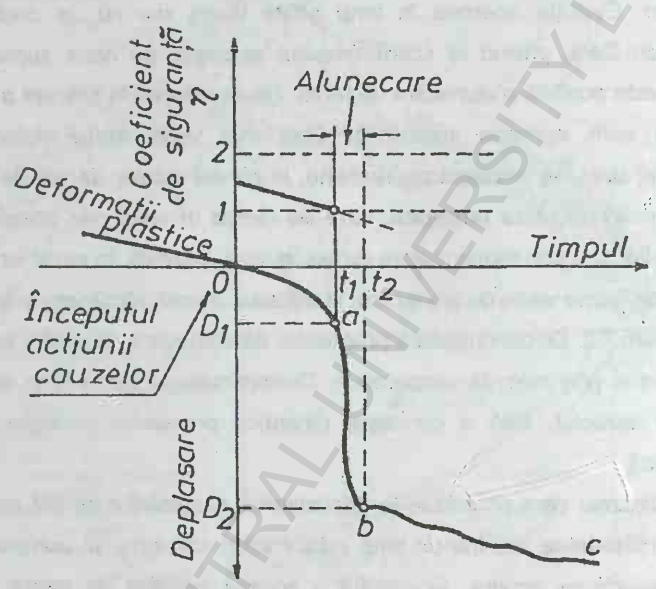


Fig. 27. Fazele dinamice ale unei alunecări de teren după K. Terzaghi (cf. M.N. Florea, 1979)

Studiul dinamicii procesului de alunecare ne conduce la explicarea formelor generate de el, a mecanismului lui, ajutând totodată la prognozarea evoluției versantului afectat. Credem că tocmai acest studiu constituie puntea de legătură între geografi-geologi - ingineri. Prin elucidarea unei faze dinamice și refacerea, în timp, a condițiilor care a produs-o, se pot reconstitui etapele de paroxism ale procesului, cel puțin în timp istoric.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Faza dinamică a procesului condiționează și este condiționată de morfologia preexistentă, indicii fizici, compoziția chimică a depozitelor afectate și de intervenția antropică. Studiul ei poate duce la diminuarea deplasării până la intrarea în stare de echilibru și deci, poate face ca investițiile să fie eficiente. In ceea ce ne privește, ne-am oprit la investigarea dinamicii unor alunecări superficiale de tipul alunecărilor lenticulare (Dreptu și Podiceni), a unor alunecări cu profunzime medie (2-5 m), de tipul văilor de alunecare (Roșeni și Buba) și a unor alunecări cu profunzime mare și cu fragmentare mixtă, situate în valea mijlocie a Bistriței Moldovenești, aria flișului. Măsurătorile au fost efectuate prin ridicări rapide de profile transversale, prin ridicări topometrice și prin măsurători înclinometrice. De asemenea, acolo unde s-a impus, s-au făcut măsurători de deplasări la ziduri de sprijin și la alte construcții.

In studiul dinamicii alunecărilor de teren metodele diverse de investigare, inclusiv observațiile satelitare, nu au reușit să elucideze câteva aspecte. In primul rând, nu s-a putut preciza momentul declanșator, chiar dacă s-a reușit să se facă precizări asupra recrudescenței procesului, la scară spațială. Legat de acest aspect, nu s-a putut da o prognoză a grosimii depozitelor care pot fi afectate și nici precizări sigure dacă procesul se produce pe o singură suprafață de alunecare sau mai multe. Din studiile analizate nu se regăsesc aprecieri ale momentului de început al procesului și nici precizări sigure ale încetării lui.

Iată de ce, considerăm necesar ca, în prezentarea dinamicii procesului de alunecare, să avem în vedere un criteriu care să satisfacă nu numai analiza geomorfologică ci și un aspect economic, cel al reintroducerii terenurilor degradate de alunecări în circuitul economic. In acest sens, dinamica este evidențiată în raport cu grosimea depozitelor afectate. Din acest punct de vedere le-am departajat în :

-alunecări superficiale, cu grosimi de până la 2 m;

-alunecări de profunzime medie, cele care afectează depozite cu grosimi cuprinse între 2 și 5 m:

-alunecări profunde, a căror grosimi depășește 5m.

BCU "ION CREANGĂ" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

6.1. Dinamica alunecărilor superficiale

Investigațiile asupra fazei dinamice a acestui tip de alunecări au scos în evidență următoarele aspecte:

- faza dinamică s-a consumat într-o singură etapă, pe o perioadă relativ scurtă de timp, de la câteva zile și până la câteva luni;

-deplasarea deluviului s-a făcut pe o singură suprafață de alunecare, care, în zona frontală, a fost constituită din suprafața morfologică a versantului neafectat de mișcare. Forma suprafeței de alunecare este aproximativ elipsoidală;

-zonele de desprindere sunt slab marcate în relief de o denivelare cu înălțimi de 0,2-0,5 m, și, de regulă, au forme circulare;

-corpul alunecării a evoluat în sistem monobloc, sub formă de limbă de alunecare, sau s-a fracturat în blocuri mai mici, datorită inflexiunilor versantului, ceea ce determină apariția, în aval, de cornișe secundare. Aceste blocuri, de mărimi diferite, cu o evoluție individuală pe suprafața inițială a versantului, poate ajunge la mari distanțe de aria furnizoare de masă;

-vitezele de deplasare sunt variabile. Ele pot să aibă, în funcție de panta suprafeței de alunecare, valori de zeci de centimetri până la metri pe zi, dar pe o perioadă scurtă de timp, pentru ca apoi să intervină perioada de liniștire, corpul alunecării intrând în echilibru morfodinamic;

-odată ce evoluția dinamică a încetat, pe alunecările superficiale nu s-au mai înregistrat mișcări. In același an, sau în cel următor, prin procese de pluviodenudație, eroziune în suprafață, sau prin lucrări agricole, denivelările apărute în morfologia versantului dispar, atât zona de desprindere cât și corpul alunecării înerbându-se.

Acest tip de alunecări sunt de fapt cel mai ușor de reintrodus în circuitul economic.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

6.2. Dinamica alunecărilor de profunzime medie

Referitor la alunecările de profunzime medie (2-5 m), măsurătorile asupra dinamicii lor au evidențiat:

-în prima fază, după declanșare, vectorii de deplasare înregistrați depășesc 1 m, în vecinătatea zonei de desprindere, iar în zona frontală a ei sunt sub un metru. Aici se produce o aglomerare de material deluvial care a supraîncărcat versantul;

-acumularea temporară de deluvii a produs, prin bararea canalelor de drenaj, o supraumectare întreținută de apele provenite din precipitații și cele din pânza freatică, deschisă de alunecare. Acum începe, de fapt și organizarea scurgerii pe corpul deluvial;

-în faza imediat următoare, în zona frontală are loc transportul de deluvii cu viteze catastrofale. Pe acest tronson, supraumectarea deluviilor poate depăși limita superioară de plasticitate și transformă alunecarea într-o curgere noroioasă;

-pe parcursul evoluției dinamice, alimentarea principală a corpului alunecării se face din zona de desprindere principală, unde se înregistrează deplasări de ordinul metrilor. Totodată se extinde suprafața alunecată, în special ca urmare a potențialului creat de mișcările anterioare, cu apariții de alunecări "adventive" ce măresc arealul afectat;

-definitivarea construcției corpului deluvial și a rețelei de drenaj conduc la intrarea în echilibru morfodinamic, singurul debușeu de material deluvial efectuându-se prin eroziunea în adâncime a pârâului nou apărut.

6.3. Dinamica alunecărilor profunde

Grosimea deluviilor puse în mișcare de aceste alunecări depășește 5 m putând ajunge la peste 25 m și chiar mai mult (Podișul Moldovei, Depresiunea Transilvaniei, Subcarpați). Din urmărire dinamicii unor astfel de alunecări, efectuată atât în aria montană cât și cea de dealuri, se pot trage următoarele concluzii:

BCU IAȘI / CAROL I UNIVERSITY LIBRARY

- declanșarea evoluției dinamice are loc în urma unor schimbări esențiale produse la nivelul sistemului versant, prin depășirea unor praguri, în general climatice. De obicei declanșarea se leagă de producerea unor perioade cu exces de pluviozitate (1970-1974) dar, nu rare sunt cazurile când ele apar în urma cutremurelor, a erupțiilor vulcanice, a trepidațiilor produse de către circulația intensă, a existenței unei cariere, etc;

- faza dinamică se execută pe o singură suprafață de alunecare sau mai multe, funcționabile separat sau concomitent. Plasarea lor în adâncime este legată de prezența în masa deluvială a fracțiunii argiloase ce le conturează profilul longitudinal;

- vitezele de deplasare, în cazul mai multor suprafețe de alunecare suprapuse sunt diferențiate, de regulă scad cu adâncimea (fig. 28);

- cele mai mari viteze apar în perioada imediată declanșării, putând varia de la metri până la sute de metri pe zi. In etapele ulterioare vitezele au valori ce se înscriu pe un spectru foarte larg cm/an și chiar m/an;

- faza dinamică se poate derula pe mai mulți ani (alunecările investigate de noi au evaluat pe perioade de 5-15 ani);

-pe corpul alunecării, în timpul evoluției dinamice pot să apară, funcție de ruperile de profil, zone de desprindere secundare ce într-un ciclu dinamic ulterior pot deveni, prin restrângerea arealului afectat, principale arii furnizoare de masă. De asemeni, tot aici, se pune în evidență o rețea de crăpături, cauzate fie de eforturi de tracțiune sau de strivire. Existența lor este efemeră, astfel încât, aprecierea mișcărilor, cu ajutorul lor este aleatoare (*Maria Pulinowa și colab., 1977);*

- pe corpul alunecării, mișcările în suprafață nu sunt uniforme, nici ca valoare a deplasării, nici ca direcție. Vitezele sunt coordonate de modul de stocaj temporar al masei deluviale, care poate conduce la accelerări sau diminuări de vectori de deplasare. Compensările de masă și energie, efectuate pe corpul deluvial, pot direcționa aleator vectorul de deplasare, pe o tendință generală, însă, spre baza versantului;

BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

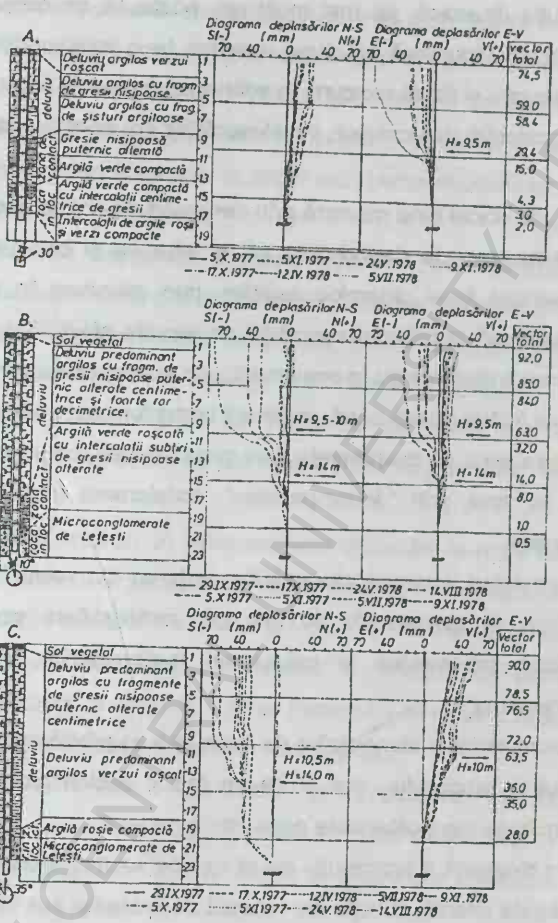


Fig. 28. Suprafețele de alunecare și diagrama deplasărilor determinate prin măsurători înclinometrice la alunecarea Buba I (A-foraj I; B-foraj II; C- foraj III)

- în cursul unui an se poate observa o ciclicitate sezonieră, influențată de perioadele de ploi și cele de secetă (fig. 29). De regulă s-a observat o diminuare a deplasărilor în anotimpul rece al anului și o creștere a valorilor vectorului de deplasare în perioada de primăvară început de vară;

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- evoluția dinamică, pe mai mulți ani, poate să se conjuge și cu o eroziune torențială viguroasă și atunci asistăm la o intercondiționare între vectorii de deplasare și ritmul eroziunii în adâncime, în așa fel încât, torenții pot fi cauze ale accelerării deplasărilor, iar alunecărilor pot contribui la "stingerea" lor;

- fiind, de obicei bine marcată prin denivelări de ordinul metrilor/zecilor de metri, atât în zona de desprindere cât și între ea și cap alunecare, pe parcursul traversării fazei dinamice asistăm, prin extindere în amonte sau alunecări "adventive", la mărirea suprafeței de versant afectată de proces dar și la o accelerare a deplasărilor în aceste arii, prin suprasarcina survenită;

- se pot întâlni situații când, mărimea vectorilor poate să înregistreze o creștere, dinspre zona de desprindere spre zona frontală, ca urmare a acestei suprasarcini, iar apoi, prin "decompensare", accelerarea deplasărilor să se transmită regresiv.

Din urmărirea dinamicii alunecărilor de teren din valea Bistriței, zona flișului, pe timp de aproximativ 10 ani, prin cartografiere geomorfologică repetată, ridicări topometrice și măsurători înclinometrice, se pot trage următoarele concluzii:

- micromorfologia alunecărilor de teren trebuie privită ca o rezultantă a fazei dinamice a procesului, dar și ca un factor declanșator al unor alte alunecări, simultane sau posterioare celei care a generat-o;

- faza dinamică a procesului de alunecare se desfășoară în perioade de timp cu durată diferită, funcție de volumul de material pus în mișcare, de condițiile morfometrice ale versantului pe care evoluează, de caracteristicile fizice și mecanice ale depozitului de versant. Trecerea de la vitezele lente, de tip "creep", la mișcările de alunecare se face relativ brusc, faza de prag fiind greu de prevăzut;

- putem vorbi, de înscrierea dinamicii alunecărilor pe o curbă, mai întîi crescătoare, cu un pic, apoi descrescătoare, cu picuri de mai mică amploare, mai ales la cele de profunzime. Deplasarea materialului se produce la început

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

cu bruschețe, pentru ca apoi, deplasările rapide să alterneze cu cele lente;

- în cazul alunecărilor superficiale, faza dinamică se produce într-o perioadă scurtă de timp (zile-luni), viteza medie zilnică de deplasare fiind de ordinul metrilor sau zecilor de metri. Nu poate fi vorba de o reluare a fazei dinamice în alte cicluri dinamice. In acest caz, curba deplasărilor realizează o creștere urmată de o descreștere;

- viteza de deplasare a masei deluviale, pe suprafața alunecării, prezintă diferențieri. Pe fondul unei mișcări generale, anumite arii pot căpăta, grație unei stări de instabilitate temporară, viteze diferite, dând naștere la suprapuneri, false văluriri și "șariaje" de deluvii, contribuind astfel la un continuu amestec. Diferențierile de viteze de deplasare sunt generate de condițiile de pantă de evoluție, de starea fizică a deluviilor, de intervenția antropică, etc;

- în cursul unui an, în dinamica unei alunecări de mare adâncime, s-a realizat o sezonalitate a deplasărilor, cu un maxim în perioada caldă, produs după maximul pluviometric de primăvară-vară, și un minim, în sezonul rece. Este posibilă însă realizarea unei creșteri a vitezelor de deplasare și în perioada de început a sezonului rece (începutul toamnei), în anii când se realizează un maxim pluviometric secundar (fig.29);

- urmărind dinamica alunecărilor prin măsurători înclinometrice, s-a putut stabili că precipitațiile influențează în mod diferențiat, în funcție de proprietățile fizice ale deluviilor, de starea de degradare a corpului deluvial, în aceleași condiții de pluviozitate;

- în faza dinamică se definitivează principalele elemente de morfologie a alunecărilor, zona de desprindere, ca element denudațional și ca principală sursă a materialului deluvial pus în mișcare și zona de acumulare deluvială, în care predominant este procesul de construcție;

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

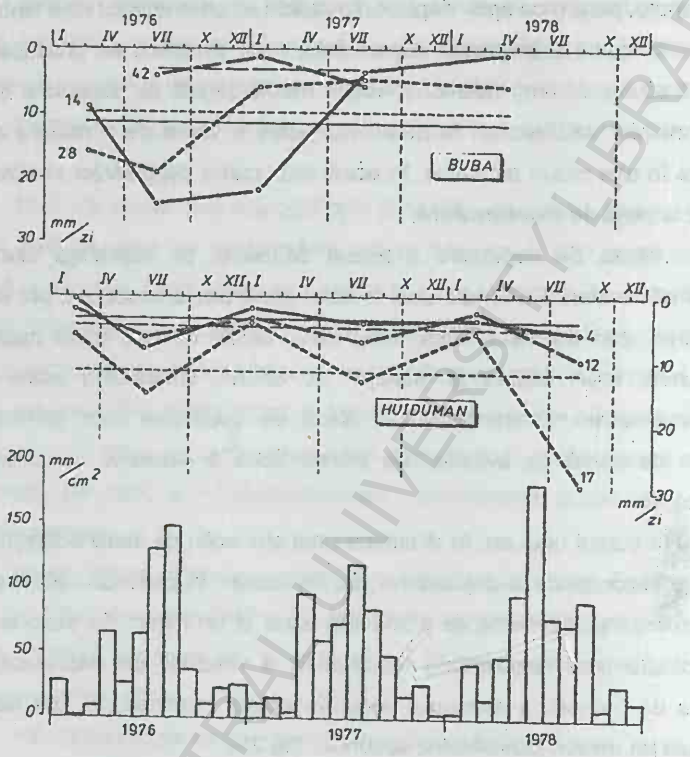


Fig.29. Ciclicitatea precipitațiilor și a vitezelor de deplasare a alunecărilor de teren

- zona de desprindere este materializată printr-un abrupt cu înălțimi variabile, funcție de materialul în care a apărut și forțele care au conlucrat la declanșarea procesului. In etapa actuală de modelare, zonele de desprindere au înălțimi de la 1 la 10-15 m. In general, sunt modelate în depozite deluviale și, mai rar, afectează roca în loc. Apărută în urma dezechilibrului existent în masa deluvială, la un moment dat, zona de desprindere se constituie, în timp, ca un prag morfologic foarte activ, atât pentru masa deluvială situată în aria de versant din amonte de ea, cât și pentru cea situată în aval. Menținerea stării de

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

dezechilibru pe o perioadă îndelungată de timp face ca, din zona de desprindere, să se continue alimentarea corpului deluvial, iar în imediata ei vecinătate, să se creeze o arie temporară de acumulare deluvială. Evacuarea acestui material, spre baza pantei, duce la accelerarea dinamicii în aria zonei de desprindere;

- în cazul în care energia zonei de desprindere depășește 2-5 m, ea se constituie într-o cauză a extinderii dezechilibrului în amonte de ea. Mișcările transmise regresiv duc la crearea unor zone de desprindere secundare și la diminuarea dezechilibrului creat anterior. Înălțimile acestora nu depășesc 2 m. Evoluția lor este simultană, și se intercondiționează, cu cea a zonelor principale de desprindere;

- pe corpul alunecării pot să apară, prin extinderea unor crăpături de tracțiune, zone de desprindere secundare. Existența lor este redusă în timp, și, de obicei, prin ele, se face o redistribuire a masei deluviale. Marea lor majoritete au înălțimi sub 3 m, și nu ajung la o generalizare pe întreaga lățime a corpului alunecării;

- după consumarea energiei care a declanșat și întreținut procesul de alunecare, în relief, rămân numai zonele de desprindere bine marcate altitudinal;

- atunci când mișcarea se produce detrusiv, zonele de desprindere se continuă pe lateralele corpului alunecării, delimitându-l față de versantul neafectat de mișcare. Aceste denivelări reprezintă efectul combinat al mișcărilor orizontale și a celor de tasare care au loc în partea superioară a corpului alunecării. Energia lor scade treptat, atingând cota versantului acolo unde începe acumularea deluvială. Pentru alunecările de mare amploare aceste denivelări se constituie în potențiale dezechilibre, declanșatoare a unor noi alunecări, pe care le-am numit "adventive" , și care vor influența dinamica alunecărilor care le-a generat;

- în cazul alunecărilor de mare amploare, la zona de contact a corpului alunecării cu aceste denivelări laterale, se organizează rețeaua de drenaj a

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

apelor pluviale sau din freaticul deluvial;

- în timpul activității dinamice, pe corpul alunecării, poate să apară, funcție de componentele fizice ale deluviilor, o rețea densă de crăpături. De obicei, conturul acestora este foarte neregulat iar adâncimea poate fi de ordinul centimetrilor până la câțiva metri. In cadrul crăpăturilor, le distingem pe acelea de tracțiune, care apar în partea superioară a zonelor de desprindere și care pot evolua în zone de desprindere secundare, și crăpături de strivire, specifice zonelor de acumulare deluvială. Existența acestora din urmă este efemeră;

- în perioada de evoluție dinamică, corpul alunecării suferă cele mai intense transformări. Aceste transformări sunt guvernate de viteza cu care se face transportul deluvial, de gradul de heterogenitate al masei deluviale, care-i imprimă proprietăți fizice și mecanice particulare și de morfologia preexistentă procesului;

- componentă a corpului deluvial, zona frontală, face legătura dintre el și versantul neafectat de mișcare. La majoritatea alunecărilor, asistăm la o "încălecare" a corpului deluvial peste suprafața versantului. Funcție de morfologia acestuia, în faza dinamică, fruntea alunecării se poate realiza sub forma unui con de acumulare deluvială sau de abrupt. In zona frontală, în diferite faze dinamice, se pot produce suprapuneri de mase deluviale care duc la formarea unui amestec deluvial, "dirijat" de dinamica generală a alunecării. Din zonele frontale, abrupte, prin mișcări rotaționale, se pot declanșa noi alunecări, astfel încât, deși energia a fost consumată într-o primă fază de evoluție, a creat un potențial ridicat de mișcare, pentru o fază dinamică ulterioară.

6.4. Rata denudației prin alunecări de teren și modificarea profilului versantului

O problemă deosebit de dificilă este calculul ratei denudației prin alunecări de teren. Aceasta, pentru că, în cadrul aceluiași versant, procesul

poate lua o diversitate de mecanisme și forme de manifestare, variind în acest fel și grosimea depozitelor afectate, suprafața de versant distrusă, dinamica.

In altă ordine de idei, alunecările de teren, în comparație cu alte procese denudaționale, prezintă, la un moment dat, mari discontinuități, în spațiu.

Raportată la suprafața de versant afectată de proces, rata denudației prin alunecări de teren devine o problemă foarte simplă. Volumul de material evacuat de pe versant este egal cu cel care depășește limita lui inferioară. Dacă însă, raportarea se face la unitatea de suprafață , rata denudației se exprimă în milimetri și reprezintă scăderea altitudinală a versantului pe o perioadă de timp. Dacă acest volum este raportat la distanța parcursă de el, într-un interval de timp, atunci rata denudației se exprimă în m^3 (tone) pe unitatea de timp (*A. Rapp,1960).*

In ambele situații unitatea de timp aleasă, la care s-a făcut raportarea, a fost anul.

In cazul extinderii alunecării la scara unui întreg bazin hidrografic (ne gândim, în special, la bazinele mici, de ordinul I și II), posibilă numai în perioada de excepție sub aspect pluviometric, se poate aplica formula propusă de noi (*V. Surdeanu,1982*), exprimată prin relația:

$R = A \cdot v \cdot t \cdot s^{-1}$ în care:

R=rata denudației prin alunecări de teren

A=suprafața secțiunii transversale, prin partea de evacuare a materialului

v=viteza medie de deplasare (m/an)

t= timpul de evoluție dinamică

s=suprafața bazinului

Extinderea relației, pentru bazine hidrografice mai mari de ordinul II, nu va da rezultate mulțumitoare.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Odată declanșată alunecarea de teren, morfologia versantului se va schimba, pe toată perioada ei de evoluție dinamică. Menținerea stării de dezechilibru, pe o suprafață de versant, va avea ca efect creșterea ratei denudației, datorate nu numai alunecărilor de teren, ci și altor procese denudaționale. In această situație, la formula amintită, se vor adăuga ratele denudației specifice fiecărui proces în parte. Morfologia versantului va trebui tratată ca efect al unui sumum de procese, în care unul va da nota dominantă. In acest caz, credem noi, formula propusă de *E.P. Emelianova (cf. M.N. Florea,1979)*, pentru calculul stabilității versanților, caută să includă mai multe din aspectele enunțate anterior. Astfel, pentru partea superioară a alunecării, în care procesele de distrucție predomină, autoarea propune relația:

$$X_s = (A_s - B_s) - h \cdot l \cdot d$$

iar pentru zona de acumulare deluvială, cea care stochează și cedează material, relația:

$$X_i = (A_i - B_i) + h \cdot l \cdot d$$ în care:

A=aport de material din zona de desprindere sau din lateralele alunecării;

s -partea superioară a alunecării;

i -partea inferioară a alunecării

B=pierderi de material datorate denudației sau intervenției antropice;

s-partea superioară a alunecării;

i -partea inferioară a alunecării

h=grosimea medie a alunecării

l =lățimea medie a alunecări

d=vectorul de deplasare, în valoare medie

X=cantitatea de deluvii pusă în mișcare

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Autoarea arată că, atunci când $X_s - X_i$ este mai mare decât unitatea, stabilitatea versantului afectat de alunecare este redusă, deci, evacuarea materialului este în creștere.

Așa cum am arătat (*V.Surdeanu,1985*), există frecvent posibilitatea, în cazul alunecărilor de mare amploare, ca deluviul pus în mișcare să nu fie evacuat în totalitate de pe versant, ci să fie stocat pe un areal, la mare distanță de baza lui. In acest caz are loc numai o mobilitate a formelor, pe baza unui transfer de masă, spre partea joasă a versantului, evacuându-se doar o cantitate redusă.

In aria munților flișului am calculat rata denudației pentru câteva alunecări, de mare amploare, folosind relația propusă de noi, pe care am exprimat-o fie numai pentru zona afectată de proces, fie pentru întreaga suprafață a bazinului (fig. 30).

Asfel, alunecarea de la Huiduman, pentru perioada de abservații asupra dinamicii cuprinsă între 1973-1980, rata medie anuală a denudației a fost calculată pentru suprafețe de alunecare situate la adâncimi de 10 și 20 m. In prima situație, rata medie anuală a denudației a avut o valoare de 23 $mm/m^2/an$, iar pentru suprafața de alunecare situată la 20 m adâncime ea a fost de 46 $mm/m^2/an$. Transpusă la scara întregii suprafețe a bazinului, aceasta a avut valori cuprinse între 2-4 $mm/m^2/an$.

Valori similare s-au înregistrat și pentru alte alunecări active din aria flișului carpatic.

Aceste valori ale ratei denudației, prezentate mai sus, au fost calculate numai pentru procesul de alunecare. Prin deranjarea unei suprafețe de versant, cu mărimi variabile, procesul de alunecare contribuie, indirect, la accelerarea denudației, astfel încât, evacuarea de material este mult mai mare. Prin măsurătorile și estimările făcute asupra conurilor de dejecție și a acumulărilor din spatele barajelor, în peste 100 de bazine torențiale, situate în aceeași arie de investigație din valea Bistriței, s-a calculat o rată medie a denudației ce a variat de la 1,5 - 45,0 cm/ha/an (*I.Ichim și colab., 1979*).

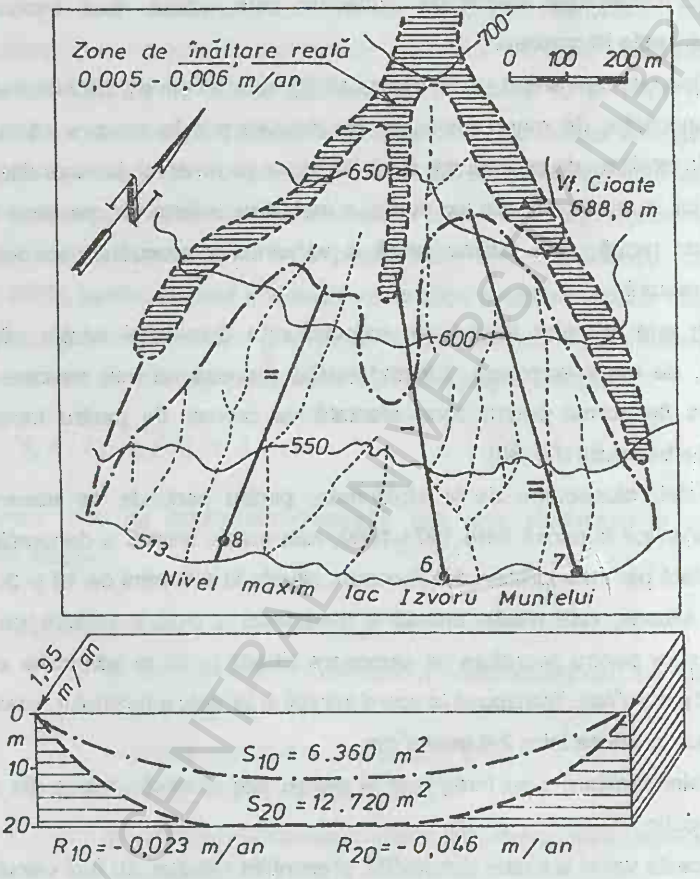


Fig. 30. Rata denudației în cazul alunecării Huiduman

Acest mare ecart de variație este dat de marea extindere pe care o au, în unele bazine, alunecările de teren active.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

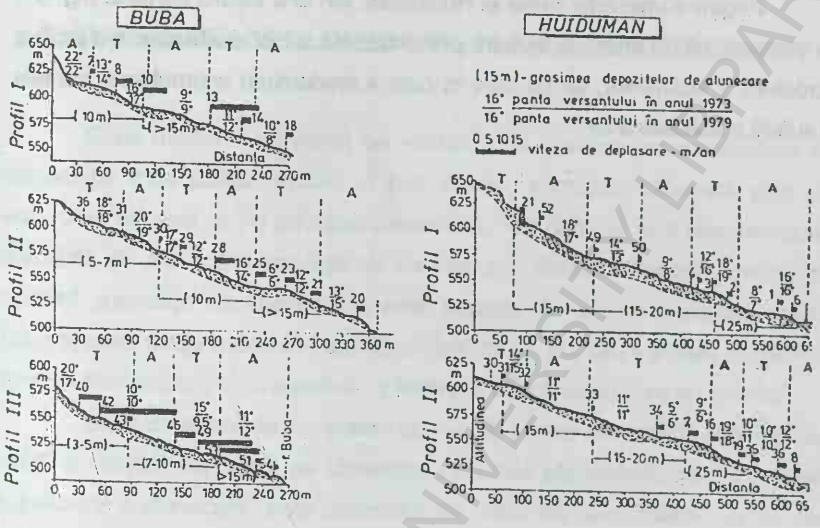


Fig. 31. Variația profilului topografic al versanților în ariile afectate de alunecările de teren Buba și Huiduman (T= transport; A= acumulare)

Pentru Subcarpații și Carpații Buzăului, luând în considerare 47 de deplasări în masă (alunecări de teren și curgeri de noroi), *D. Bălteanu, 1983*, a estimat o rată a denudației ce a variat de la 0,6 - 1,8 mm, pentru surpări, rostogoliri și avalanșe de roci, și de 5,8 - 73,8 mm pentru alunecări și curgeri de noroi. Valorile estimate aici, pentru procese care ocupă doar 1% din suprafața bazinului, sunt ridicate, după părerea autorului, de faptul că, în timpul șocurilor seismice se produc mari deplasări de material pe versanți.

Scăderile altitudinale nu au însă continuitate, de la declanșarea procesului pînă la intrarea lui în stare de echilibru morfodinamic. Pe profilul versanților acestea se vor materializa prin creșteri și descreșteri ale pantei.

BCU IAȘI CENTRU UNIVERSITAR LIBRARY

Pentru alunecările Buba și Huiduman, din aria flișului carpatic (fig. 31) s-a observat că, în arealele, în care predominantă a fost destrucția, s-a produs o creștere a înclinărilor, iar pe cele în care a predominat acumularea, pantele au suferit o scădere a lor.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

7. SUPRAFAȚA DE ALUNECARE - PLANUL DE ALUNECARE

Orice mișcare, survenită pe versanți, se produce pe o suprafață de demarcație între partea mobilă și cea stabilă, impropriu denumită plan de alunecare. In ceea ce ne privește, credem că, mai nimerită ar fi denumirea de suprafață de alunecare sau oglindă de frictiune. Spunem aceasta, pentru că această suprafață de demarcație este departe de a fi o suprafață plană. Numeroasele foraje mecanice sau deschise (de tip puț sau tranșee) au permis specialiștilor evidențierea acestora, a formei și condițiilor în care au apărut.

Legat de existența lor, putem spune că, pentru alunecările superficiale, există o singură suprafață de alunecare cu formă elipsoidală, care, în partea superioară a alunecării, este delimitată de zona de desprindere, iar în cea inferioară, se poate continua cu însăși suprafața versantului. In cazul în care, alunecările se produc în arii cu alternanțe ritmice de entități litologice, aceasta se poate realiza pe față de strat.

In ambele cazuri, această suprafață de alunecare, este paralelă cu suprafața topografică și are o adâncime medie ce rămâne constantă în josul pantei. Acest lucru este posibil datorită faptului, că în interiorul masei deranjate, condițiile limită suferă modificări foarte mici, pe când distrugerea echilibrului în adâncime modifică complet repartiția fazei lichide în sânul alunecării, conducând la schimbări de geometrie internă, ce se pot extinde până la nivelul întregului bazin hidrografic sau versant.

Aceste suprafețe de alunecare iau naștere în masa deluvială acolo unde, fracțiunea argiloasă depășește cu 5-10% pe cea a zonelor învecinate, iar procesul de supraumectare a deluviilor depășește limita inferioară de plasticitate. Pe aceste suprafețe de demarcație între partea mobilă și cea stabilă se dă "lupta" între forțele care coordonează mișcarea și cele care i se opun.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

C. Veder și F. Hilbert, 1980, arată că, de fapt, în această zonă - prag între cele două părți, mobilă și stabilă, există un spațiu de 2-5 mm, umplut cu apă. Acest fapt atrage după sine o acumulare de ferobacterii, care crează o diferență de potențial electric. Scurtcircuitarea acestui potențial duce, după o perioadă de timp, prin creșterea pH-ului, la un potențial redox pozitiv și la scăderea conținutului în apă liberă cu 10-20 %. Trecerea într-o nouă fază de stare poate contribui la stabilizarea totală a procesului de alunecare. Autorii citează modul cum au intervenit în stabilizarea unei alunecări din Piemont-Italia.

In cadrul forajelor deschise, de tip șanț ,executate într-un bazin cu alunecări din spațiul montan, s-a putut constata că suprafața de alunecare are un aspect neregulat (asemănător unui carton ondulat-neregulat). Asperitățile care apar sub formă de șănțulețe, sunt date de heterogenitatea semnalată în compoziția granulometrică a materialului afectat de mișcare. Ele prezintă continuitate pe toată distanța deplasării și au adâncimi variabile. In profil transversal, această suprafață de alunecare, preia forma morfologiei preexistente, de cele mai multe ori o elipsoidă (fig. 32)

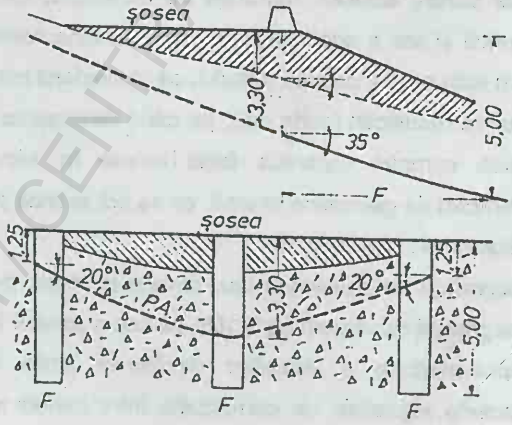


Fig. 32. Poziția suprafeței de alunecare în raport cu morfologia preexistentă a versantului (alunecarea Naclad, Carpații Orientali, zona flișului)

BCU IAȘI CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

Urmărită în profil longitudinal, suprafața de alunecare este paralelă cu suprafața topografică, cu o medie de adâncime ce rămâne constantă în josul pantei. Mișcarea suferă variații funcție de neregularitățile acestei suprafețe de alunecare, date de structura geologică. Stabilitatea sistemului alunecare de teren este determinată de frecarea în lungul suprafeței de alunecare, cât și cu aceea din lateralele corpului de alunecare, cauzată de dispunerea convergentă a mișcării.

In timpul derulării fazei dinamice, în cazul alunecărilor care se produc în depozite heterogene sub aspect granulometric, fracțiunea grosieră se orientează în direcția mișcării, pe o suprafață relativ plană, peste care este depus un strat de argilă cu grosimi variabile (mm sau cm) care asigură glisarea.

La o alunecare de teren se pot pune în evidență una sau mai multe suprafețe de alunecare, cu funcționalitate concomitentă sau separată si cu stadii diferite de degradare. Analizele de laborator, efectuate pe probe recoltate din zonele de demarcație între partea stabilă și cea mobilă, cât și din areale limitrofe ei, relevă faptul că realizarea acesteia este posibilă în funcție de câteva proprietăți fizice ale deluviilor.

Concret, prezența ei este acolo unde:

-fracțiunea argiloasă reprezintă 30-50% din asa deluvială, fiind cu 10 - 20% mai ridicată decât în zonele limitrofe ei (20-50 cm deasupra și sub ea). Pe suprafețele de alunecare mai puțin profunde, acest procent este cu 5-10% mai mare față de suprafețele de alunecare existente în profunzime;

-porozitatea este mai ridicată, depășind cu 10-15% media zonelor învecinate;

-umiditatea naturală a depozitelor deluviale este mai mare cu 10-15%, în raport cu cea a depozitelor situate la plus/minus 25 cm de suprafața de alunecare. Pentru cele situate în profunzime, acestă creștere poate fi de 15-25 %;

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

-limita superioara de plasticitate este diminuată cu 10-15 %, în timp ce limita inferioară crește cu 5-10 %;

-în cazul alunecărilor cu profunzime mică, suprafața de alunecare se realizează la indice de plasticitate mediu de 30%, în timp ce suprafețele de alunecare mai profunde se realizează la valori ale acestui parametru mai ridicate. Totdeauna, însă indicele de plasticitate pe zona de demarcație este mai mare cu 5-10% față de cel al zonelor limitrofe;

-pe suprafața de alunecare s-a remarcat o scădere a indicelui de consistență spre stadiul de plastic sau plastic - consistent (fig. 33).

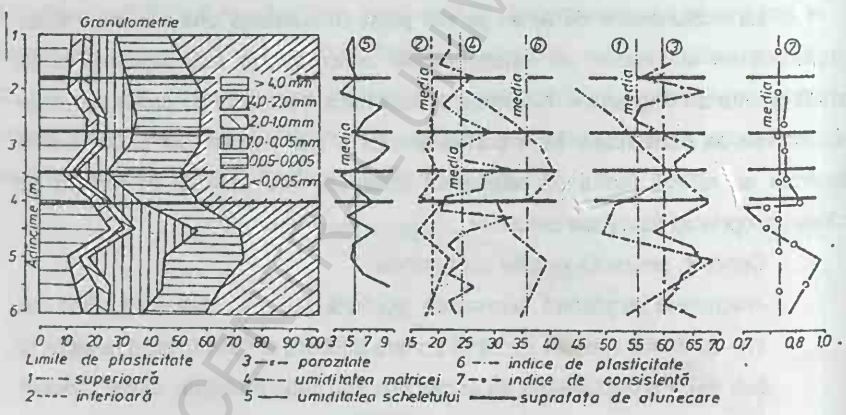


Fig. 33. Relații între apariția suprafețelor de alunecare și proprietățile fizico-mecanice ale depozitelor de versant (exemplificare în cazul alunecării Huiduman, Carpații Orientali - zona flișului).

BCU IAȘI / CENTRUL UNIVERSITY LIBRARY

8. VARSTA ALUNECARILOR DE TEREN. TENDINTE ACTUALE DE EVOLUTIE A VERSANTILOR CU ALUNECARI

8.1. Vârsta deluviilor și formelor de alunecare

Unul din aspectele care a suscitat cele mai largi discuții asupra procesului de alunecare este acela al vârstei formelor de destrucție și a celor de acumulare deluvială.

In cazul formelor de destrucție majore, cu apariția la zi a rocilor din substrat, timpul a lucrat mai puțin, ele rămânând și astăzi ca martori ai proceselor de alunecare trecute. Mult mai dificil este să ne pronunțăm asupra vârstei corpului de alunecare sau a zonelor de desprindere apărute în masele deluviale, în special cele din fliș și din ariile de dealuri.

Cert este faptul că, în timp geologic, versanții montani s-au situat în domeniul de activitate, cu intensitate mare, a procesului de alunecare. Se pot astfel stabili etape optime pentru dezvoltarea alunecărilor, când, evoluția "rapidă" a versanților a "răspuns" schimbărilor lente efectuate pe suprafața lor, care au controlat stabilitatea, prin cumularea lor în timp. Aceste schimbări bruște în morfologia generală a versanților s-au produs în perioade de optim de desfășurare a unui, sau mai multor procese, deci implicit și a procesului de alunecare. Formele remanente pe suprafața versanților, fie de destrucție, fie de acumulare deluvială, sunt o transformare bruscă sau încetă a formelor generate în etape anterioare.

Pentru stabilirea vârstei alunecărilor de teren s-au folosit diferite metode și procedee, printre care amintim analiza sporo-polinice, datări cu C_{14}, analiza unor depozite deluviale îngropate în depozite de terasă, a căror vârstă a fost datată paleontologic.

BCU CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

S-a emis părerea că, în timpul glaciațiunilor cuaternare, în special în interglaciații, au existat condiții mult mai favorabile evoluției procesului de alunecare *(T. Morariu, V. Gîrbacea, 1967; I. Donisă, 1968; E. Gill și colab., 1974; P. Antoine și A. Pachoud, 1976, M. Masson*, 1976, *Eggestad A., 1978; I.Ichim, 1978).* Se vorbește de asemenea despre deluvii care dăinuiesc de la începutul holocenului și chiar din pleistocen. Majoritatea autorilor, citați mai sus, opinează că, în Europa, și-n special în zona centrală, alunecările de teren au cunoscut o mare amploare în holocen (cu aproximativ 12000 ani B.P.). S-au stabilit astfel, etapele în care procesul de alunecare a avut o maximă amploare: subatlantic, pleistocen-preboreal, boreal și fazele mai recente (1912-1913 și 1942) pentru evoluția versanților din România *(T. Morariu, V. Gîrbacea,* 1967).

Pentru zona Lausanne și Vevey, din Elveția, procesul a avut o maximă activitate în 9600 B.P., 1500-200 î.H. (epoca bronzului), epoca romană și un ultim val, în zilele noastre (*P. Antoine și A. Pachoud, 1976).*

Folosindu-se de datări cu C_{14}, corelate cu analize sporo-polinice, pentru zona Beschizilor, s-a stabilit o etapă în care procesul a cunoscut inițial o mare extindere, perioada atlanticului (alunecare de la Symbark-Kamionka), pentru ca apoi, în aceeași perioadă, procesul să intre în regres și să cunoască o reactivare în subatlantic (*E. Gill și colab., 1974).*

Pentru zona flișului din România, datările unor alunecări vechi din valea Bistriței, s-au făcut atât prin analize sporo-polinice *(N. Boscaiu și colab., 1976*), cât și prin comparația cu vârsta depozitelor aluvionare în care au fost îngropate. Din semnalările anterioare, citâm existența unor deluvii fosilizate înT_{35-40} m (*I. Donisă, I. Băncilă, I. Bojoi, I. Ichim),* în zona de confluență a Buhalniței cu râul Bistrița, a pârâului Largu cu râul Bistrița, la Chiriteni, și-n aval de confluența pârâului Sărata cu Bistrița. Având în vedere că I. Donisă datează T_{45-50} m ca aparținând perioadei Wurm, este posibil ca vârsta acestor deluvii să fie dintr-un interglaciar. Tot într-o terasă a Bistriței, mai joasă (T_{5-7} m), la Vadu Râu-Fărcașa, între depozite aluvionare bine rulate, am descoperit, pe o

grosime de 1-1,5 m, depozite deluviale argilo-nisipoase, cu fragmente colțuroase de gresii.

Prin analize sporo-polinice, *N. Boscaiu și colab.*, arată că alunecare de la Vaca Babii-Pângărăcior s-a produs la sfârșitul borealului și începutul atlanticului. Dacă mai multe deluvii își au originea la începutul holocenului, cert este faptul că, majoritatea microformelor de acumulare deluvială sunt de dată mult mai recentă, având vârstă istorică.

Spre această concluzie conduce și analiza făcută de *N. Topor* asupra unor perioade cu exces de pluviozitate care s-au produs în timpuri istorice.

In ceea ce ne privește, din studiul alunecărilor de teren de care ne-am ocupat cu precădere, cele active, în perioada 1970-1980, am dedus următoarele:

- deluviile produse în mișcare în această etapă sunt mult mai noi, reprezentând cicluri recente de reactivare a unor suprafețe de alunecare;

- în marea lor majoritate, alunecările actuale se produc în cuvertura deluvială, fără însă a o afecta pe toată grosimea ei. Existența unor deluvii, a căror grosime atinge 30-40 m la baza versanților, atestă faptul că, s-au produs mișcări de alunecare cu mult mai mari, în etape anterioare, probabil pleistocen sau postpleistocen;

- amploarea acestor mișcări a fost atât de mare încât, nici până în prezent, eroziunea în adâncime a rețelei de râuri nu a putut "drena" o bună parte din masa deluvială. In aceeași idee, menționăm existența unor văi de alunecare "înecate" de deluvii. Asemenea rețele de drenaj "subadaptate" se întâlnesc la scara întregii zone a Carpaților Orientali - zona flișului, în Subcarpați, Depresiunea Transilvaniei și Podișul Moldovei. In etapa actuală, pe aceste văi de alunecare, asistăm la o redistribuire locală a deluviilor, prin procesul de alunecare;

- multe din alunecări constituie, de fapt, reactivări ale unor deluvii de vârstă istorică. In foarte puține din cazuri, acestea preiau în mișcare pături de

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

destrucție din partea superioară a versantului, care n-au mai fost afectate de proces;

- zonele de destrucție, apărute în etapa actuală, în marea lor majoritate, marchează în relief, arii de discontinuitate din profilul versanților, apărute în timpul unor alunecări anterioare. Existența lor va fi însă de scurtă durată (1-2 cicluri de alunecare), apoi fiind estompate.

8.2. Continuitate și ciclicitate în procesul de alunecare

Majoritatea cercetătorilor, care au studiat procesul de alunecare, vorbesc despre discontinuitatea lui în timp. Această discontinuitate este dată de faptul că, procesul se desfășoară pe suprafața versantului cu viteze diferite iar trecerea lui în stare de echilibru este privită ca o stagnare totală.

Așa stând lucrurile, în fiecare etapă de reactivare a unui deluviu, putem vorbi de o nouă generație de alunecări de teren care, luate separat, nu au nici o legătură cu etapa anterioară.

Dar, așa cum am mai arătat în capitolele anterioare, orice fază de reactivare a alunecărilor s-a produs în strânsă legătură cu vechile alunecări de teren, astfel încât, asistăm, de fapt, la "continuarea", cu intensități diferite, a degajării versanților de pătura de deluvii.

Dacă privim procesul numai sub aspectul spațiului afectat, atunci trebuie să remarcăm strânsa corelare dintre aria deranjată, într-o anumită etapă de evoluție și, prin discontinuitățile morfologice produse, extinderea lui în cele învecinate.

Din ambele puncte de vedere, timp de evoluție și spațiu de versant afectat, putem spune că procesul de alunecare are continuitate pe suprafața versantului, în timp, prin faptul că energia consumată nu se pierde, ci ea se regăsește înmagazinată, fie în însăși corpul alunecării, fie în zonele învecinate ei. Am arătat de asemenea în capitolele anterioare modul în care are loc propagarea instabilității pe versant, cât și condițiile care generează situația de

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

prag declanșator. Tendința generală de scădere altitudinală a versanților este realizată însă etapizat, funcție de starea deluviilor și de morfologia versanților. Prin analiza regimului precipitațiilor s-a mai consemnat că, procesul de alunecare a avut o ciclicitate, de aproximativ 30 de ani, evaluată și de *M. Spurek, 1974*, prin analiza proceselor geodinamice din Europa, în perioada 1850-1970. Autorul a stabilit că procesele de alunecare ating paroxismul atunci când, planeta Saturn se află pe elipsa de revoluție între 270-360°.

Studiind istoria cuaternarului, *M. Masson, 1976*, stabilește că formațiunile de versant sunt legate de ciclurile climatice și că foarte importante pentru geotehnie, mai ales în zonele montane, sunt ciclurile din Riss și Wurm. In accepția acestui autor, ceea ce se întâlnește astăzi pe versanți este de vârstă relativ recentă.

Acestă ciclicitate majoră este însă compensată de "accidente" care apar ca urmare a descreșterii dinamicii, ce creează, la rândul ei, o sensibilizare foarte mare a terenurilor învecinate.

In același mod, și la nivelul României, s-au produs alunecări de teren în perioadele dintre două cicluri de exces de precipitații. La aceste condiții de declanșare, care s-au realizat pe arii restrânse s-au adăugat, credem noi, și intervenția brutală a omului asupra stării de stabilitate a versanților, în perioada 1950-1970.

In cazul procesului de alunecare, se poate vorbi și de o ciclicitate anuală. Acesta trebuie privită ca o accelerare a lui, într-o anumită etapă din an, și o diminuare considerabilă, în alta. Din măsurătorile topometrice și înclinometrice efectuate asupra unor alunecări din spațiul montan și colinar, a reieșit clar că, perioada caldă a anului, corespunde și celor mai mari viteze de deplasare, ca apoi în cea rece, să se înregistreze o relativă stagnare a deluviilor, vitezele de deplasare fiind apropiate de cele stabilite pentru mișcările de tip creep. Apare ca un fapt normal ca, la sfârșitul perioadei reci a anului,

BCU CLUJ CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

deluviile suprasaturate cu apă liberă, să fie destabilizate, iar în urma precipitațiilor din vară, să se producă o accelerare a mișcărilor de alunecare.

Se vorbește și de o ciclicitate diurnă a procesului de alunecare (*V. Radu, cf. M.N. Florea*, 1979). Se arată că vitezele diurne sunt de 3 ori mai mari decât cele din perioada nocturnă. Măsurătorile, făcute de autorul citat în timpul unor lucrări de consolidare, nu sunt însă edificatoare și pentru regimul natural, neamenajat, al versanților. Mai mult, alunecările de teren, de mare amploare, își au ca moment declașator și evoluție dinamică paroxismică noaptea.

8.3. Tendințe actuale în dinamica alunecărilor

Așa cum am mai arătat, perioada de care ne-am ocupat s-a caracterizat print-un exces pluviometric, în anii 1970-1972, urmată de un an secetos, în 1973. Apoi, anii ploioși și cei secetoși s-au succedat, fără însă ca excedentul de precipitații să atingă valorile anilor 1970-1972. In acestă perioadă, pe versanții văii Bistriței, au avut loc ample acțiuni economico-edilitare, ce au venit să completeze marile prefaceri la care a fost supusă zona, prin amenajarea hidroenergetică complexă. Din rândul acestora amintim mutarea definitivă a unor vetre de sat, construcții edilitare de interes social, precum și importante amenajări constructive la DN-15, cale rutieră de mare interes economic. Plantația forestieră de protecție, amenajată în vecinătatea lacului Izvoru Muntelui, și ajunsă la vârsta de 20 ani, a contribuit în mod deosebit la supraîncărcare versanților. Deși pe o suprafață restânsă, "urcarea" pe versanți, între Chirițeni și Potoci, a ogoarelor cu culturi prășitoare, a avut același efect de destabilizare a versanților. Toate aceste noi contribuții antropice, ca și cele de ordin natural, au constituit principalii factori activizatori ai vechilor alunecări de teren.In etapa actuală, în dinamica alunecărilor de teren, intervin următoarele elemente distincte:

BCU IAȘI CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

- reactivarea deluviilor pe aproximativ 1,5% din întreaga suprafață a văii;

- cele mai extinse suprafețe cu alunecări se află în zona joasă a versanților, acolo unde, în cicluri anterioare au existat condiții de stocare a deluviilor, dar și unde s-au făcut și cele mai mari intervenții asupra stabilității lor;

- o activitate dinamică deosebită se înregistrează și pe ariile de versanți, situate între 700-800 m, ca "răspuns" la dezechilibrele create în cicluri cu alunecări, anterioare;

- pe ariile de versant, cu cuverturi deluviale subțiri, în a căror structură predomină scheletul și fracțiunea nisipoasă, alunecările superficiale au o etapă dinamică scurtă, în care se distinge o creștere progresivă, bruscă a vitezelor de deplasare, în perioada declanșării, și apoi o regresie până la liniștirea lor totală. Pe arealele de versant, afectate acum de alunecari nu mai este posibilă o nouă reactivare în ciclul viitor;

- alunecările de teren, reactivate pe grosimi mari, în a căror structură predomină matricea argiloasă, cunosc o fază dinamică de peste 10 ani. La aceste alunecări, vitezele de alunecare cresc, în faza declanșatoare până la un maxim (m/zi), după care scad treptat, fără a se ajunge la o liniștire totală. Accelerarea sau diminuarea vitezelor de deplasare, transpuse pe mersul general al mișcării, are loc, în principal, funcție de regimul precipitațiilor atmosferice dar și de modul în care, în timpul deplasării, cuplul forțelor a fost distribuit pe corpul alunecării și de starea eforturilor din zonele învecinate. Pentru cicluri dinamice viitoare, este de așteptat ca procesul de alunecare să se reactiveze acolo unde, în ciclul actual, s-au realizat stocaje de mase deluviale sau unde, în profilul versantului, au apărut denivelări mai mari de 2 - 5m;

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- în timpul deplasării, pe corpul alunecării, se instalează și alte procese denudaționale, a căror acțiune efectivă este direct proporțională cu starea de deranjare a lui. Acțiunea acestor procese, și în mod special a eroziunii liniare, trebuie privită ca un factor destabilizator, cu continuitate și după ce alunecarea a intrat în echilibru. Transferul de masă și energie, în aria de versant afectată de proces, între organismul torențial sau pârâu și alunecare, va fi, pentru cicluri dinamice viitoare, principalul prag declanșator al unor noi alunecări.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

9. LOCUL ALUNECARILOR IN MODELAREA CONTEMPORANA. TIPURI DE EVOLUTIE

Proces primordial de modelare actuală a versanților, alunecările de teren au cunoscut o maximă extindere acolo unde, în substrat au predominat rocile argilo-marnoase. In urma cartărilor geomorfologice efectuate s-a ajuns la concluzia că, din postglaciar până în prezent, o mare parte din suprafețele în pantă, au fost afectate de procese în mișcare în masă, între care alunecările de teren au avut rolul principal.

Variațiile climatice din postglaciar au făcut ca, poziția etajelor morfogenetice pe versanți să suporte pendulări altitudinale. Astfel, în tardiglaciar, pentru munții Rodnei, s-a aproximat că, etajul fluvio-denudațional ocupa suprafețe foarte restânse în raport cu cel periglaciar, care era foarte extins. In Atlantic însă, acesta cunoaște extindere maximă, până-n jur de 2000 m (*I. Ichim și colab., 1979*).

Pendularea pe verticală a etajelor morfogenetice a avut ca efect și o variație, în intensitatea de manifestare, a proceselor de modelare a versanților.In prezent, extinderea în altitudine a pădurilor depășește 1600-1800 m. Fiindcă pădurea joacă un rol quasiprotector al păturii de destrucție, activitatea dinamică a proceselor de alunecare este mult diminuată. Tot ce există astăzi pe versanți constituie rezultatul unui proces de evoluție, care a parcurs succesiv diferite etape de stabilitate. Trecerea la o etapă nouă de stabilitate, s-a făcut prin înlocuirea unor structuri vechi cu altele noi, ceea ce a dus la schimbarea formei.

Privind forma versantului, ca un instantaneu, în timpul unei tranziții, constatăm că ea depinde de intervalul de timp implicat, de mărimea sistemului morfogenetic în care evoluează și de depozitul în care are loc modelarea. In analiza proceselor care operează pe versanți, M.A. *Carson și N.J. Kirkby,*

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1972, au arătat că, multe din ele, necesită eforturi-prag atât de mari, ce apar foarte rar, și, în aceste situații, evenimentele de natură catastrofală sunt foarte importante. Putem deci considera alunecările de teren mișcări, uneori cu aspect catastrofic, cu repercursiuni majore în deplasarea pe suprafața versanților a unor mase importante de depozite.

Din timpuri geologice, pe versanți, s-a redistribuit, în cadrul ciclurilor de reactivări, un volum însemnat de deluvii. Astfel, pe versanții cu înclinări până la 15°, asistăm la o "aglomerare" de mase deluviale, ceea ce a făcut ca majoritatea văilor primare să fie înecate de depozite deluviale. In etapa actuală, alunecările active afectează un spațiu cu mult mai redus decât în trecut. Față de perioada optimă de dezvoltare a alunecărilor, când procesul a afectat frecvent structura în loc, actualmente asistăm doar la o redistribuire a deluviilor pe suprafața versanților. Constatăm deci, prin suprafața afectată cât și ca volum de material pus în mișcare, un regres al procesului de alunecare, față de etapele de maximă extindere din tardiglaciar până-n atlantic.

In foarte puține cazuri, zonele mari de desprindere de mare amploare, formate în pleistocen-holocenul timpuriu, în vecinătatea cumpenei de apă, și deja stabilizate, suportă reactivări prin mișcări de alunecare. Cele mai mari prefaceri au loc în ariile de stocaj deluvial. Interesant este de a se stabili modul de migrare a acelei zone de maxim stress către cumpănă. In cazul evoluției versanților, fără a suporta intervenția antropică, s-a constantat că, anumite areale de versant cedează cel mai important volum de mase deluviale în etapa actuală. In cele ce urmează vom prezenta două modele de evoluție a versanților prin alunecări de teren. Unul din acestea se referă la versanții modelați în aria flișului carpatic (*V. Surdeanu, 1987*) și altul la modelul de evoluție al versanților din dealurile Podișului Transilvaniei (*I. Mac, 1980*). Desigur că aceste modele își va găsi o exprimare particulară în diverse studii de caz, condiționate de condițiile locale de apariție și dezvoltare a procesului.

BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In valea Bistriței, unde ne oprim asupra primei exemplificări, deși restrâns ca suprafață, procesul a pus în mișcare un volum de aproximativ 17 milioane de m^3. Din acest volum de deluvii doar aproximativ 25% a fost evacuat, în totalitate de pe versanți, restul efectuând doar o mișcare de reașezare pe suprafața acestuia, contribuind la mobilitatea formei lui, prin transfer de masă și energie.

Din analiza unor profile de versant, de pe partea stângă a văii, s-a constatat că arealele de la altitudinile absolute 700-800 m prezentau ruperi de pantă generate de mișcări mai vechi de alunecare.

Având în vedere faptul că, evoluția alunecărilor este coordonată de modul în care are loc declanșarea, transportul și acumularea deluviilor cât și de morfometria versanților, s-a ajuns la concluzia că, energia de care dispun deluviile se consumă pe distanțe relativ scurte. In etapa actuală, stocajul temporar al deluviilor se realizează între altitudinile de 550-650 m. (fig. 34)

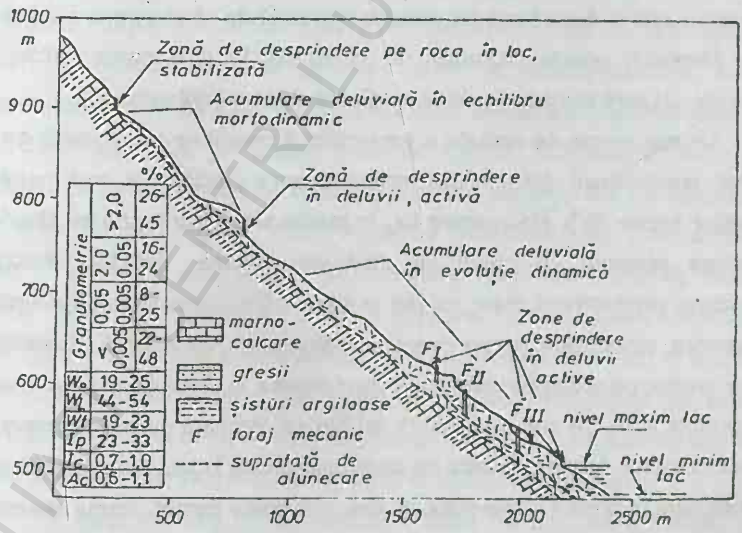


Fig. 34. Evoluția versantului stâng al văii Bistriței, în zona Huiduman, prin alunecări de teren.

Un alt prag de discontinuitate în evoluția versanților este dat de prezența lacului Izvoru Muntelui, situat la cota lui maximă. Spălarea materialului fin din deluvii, datorită variațiilor de nivel, într-o primă fază, soldată cu apariția de terase de abraziune lacustră pe versanții cuvetei, a dus, în a doua etapă, la apariția unei zone de desprindere a alunecărilor, cu evoluția în cuvetă. Prin ele se extinde suprafața lacului, malurile lui căpătând un contur tot mai neregulat. Un al treilea prag de discontinuitate, creat artificial prin activitate antropică, se situează la nivelul altitudinal 550-600 m. Acest prag a apărut odată cu descinderea DN-15, și s-a materializat prin ample lucrări de derocări și haldarea materialului rezultat, obturări ale căilor de drenaj natural, cât și prin schimbarea modului de folosință al terenului. Deși apărut recent, acest prag de discontinuitate s-a materializat prin reactivarea depozitelor deluviale care se aflau în echilibru dinamic. Fără a avea o continuitate la nivelul întregii văi, legat de acest prag, s-au pus în mișcare aproximativ 38,5% din volumul total al alunecărilor active. Având aria de evoluție apropiată de nivelul maxim al lacului Izvoru Muntelui, aceste alunecări se constituie în principalele surse de sedimente, cu care alunecările de teren contribuie la colmatarea lui.

Un caz aparte de evoluție a versanților îl constituie cei modelați pe un substrat predominant grezos sau grezo-calcaros. Inclinarea mai mare a versanților (peste 25°), și lungimea lor, în medie sub 1500 m, nu au favorizat acoperirea acestora cu pături de destrucție groase. Entitățile litologice elementare, predominant dure, au dat o compoziție granulometrică cuverturii de depozite superficiale preponderent scheletică. In consecință, alunecările care se produc pe acești versanți au grosimi reduse, cu evoluție în timp scurt și cu suprafețe mici. De cele mai multe ori ele se combină cu alte procese de mișcare în masă. Apariția zonelor de desprindere este legată de existența unor mici inflexiuni în profilul versantului. In cele mai multe cazuri, corpul alunecării evoluează pe suprafața versantului, nederanjat de mișcare. Alunecările afectează un volum deluvial scăzut. Stagnarea lui pe anumite arii de versant,

BCU BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITY LIBRARY

poate duce la o reactivare în lanț, spre baza versantului, astfel că, după consumarea procesului, în suprafața lui să apară "cuiburi" de alunecare.

In zonele în care însă, în alcătuirea substratului iau parte litofaciesuri argilo-marnoase și nisipoase cu rare apariții de gresii, conglomerate, tufuri vulcanice, gipsuri, specifice dealurilor colinare și subcarpatice, evoluția versanților este oarecum diferențiată. In primul rând, alunecările ocupă mari suprafețe, structura impunându-se într-o manieră mult mai redusă, în comparație cu flișul de exemplu. Aici modelele ar putea fi diferențiate, în cadrul reliefului dezvoltat pe structuri monoclinale, în raport cu apariția procesului, pe fruntea de cuestă sau revers, pe domuri și cute diapire. Elementele morfologice și morfometrice ale versanților, mult mai șterse, vor facilita o largă extindere a alunecărilor, în multe din cazuri relieful deluvial fiind continuu, de la zona interfluvială, până în luncile râurilor. De fapt mulți autori *(C. Martiniuc -1954, I.Hârjoaba -1968, V. Băcăuanu -1968, N. Josan -1979, I. Mac -1980, D.Bălteanu -1983, Fl. Grecu -1991)* au remarcat faptul că, procesele de mișcare în masă reprezintă un mare grad de intercondiționare, atât în mecanismele declanșării lor, dar și al evoluției. Majoritatea autorilor citați scot în evidență faptul că, pe același areal de versant, pot evolua concomitent alunecări de teren, curgeri de noroi, iar în cazul când zonele de desprindere scot la zi roci dure (gresii, tufuri vulcanice, conglomerate), apar surpări și prăbușiri. O relație aparte, aici, se stabilește între alunecările de teren și rețeaua de râuri (în special de ordinul I și II) sau cu dezvoltarea torenților. In cazul râurilor de ordinul I, obârșiile lor sunt ocupate de alunecări în totalitate, iar la cele de ordin superior, de multe ori alunecările rezultate pe versanți opuși, le dă aspectul de microdefilee. Printre cele două zone frontale opuse se crează astfel, o falsă impresie de activitate erozională în adâncime.

In cazul în care relația versant - albie minoră "s-a întrerupt", prin interpunerea între ele a unei lunci, cu lărgimi mari în comparație cu capacitatea erozională a râului *(V. Surdeanu, 1995)*, specifică în special în D. Transilvaniei

BOUVIER CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

și Podișul Moldovei, evoluția versanților prin alunecări prezintă aspectele enunțate anterior. De fapt, la construcția luncilor aportul versanților este hotărâtor, râul dovedindu-și incompetența sa, în evacuarea materialului deluvio-coluvio-proluvial furnizat de el.

Evoluția versanților în astfel de regiuni este descrisă de I. Hârjoaba - 1968, N. Josan -1979, *S. Jacob -1979, I. Mac -1980, Florina Grecu -1992, V.Surdeanu și colab. 1997,* etc. Ne vom opri la câteva astfel de modele prezentate de *I. Mac, I. Hârjoaba și N. Josan (fig.35).*

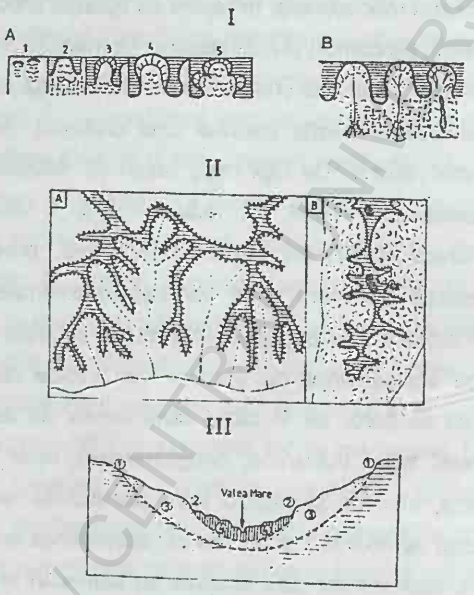


Fig. 35. Evoluția versanților cu procese de mișcare în masă din Depresiunea Transilvaniei și Colinelor Tutovei; I. A. Evoluția unei formațiuni de deraziune-alunecare: 1-curgeri de soluri; 2-alunecări superficiale;3-spălări în masă; 4-reluarea deraziunii prin alunecări de teren; 5-vale complexă de deraziune alunecare. B. Formațiune de deraziune - alunecare. (după I. *Mac,1980*). II. Evoluția contemporană a versanților prin fragmentarea lor (A); prin retragere și teșire concomitentă (B). (după *N. Josan,1979*). III. Evoluția schematică a unui versant cu alunecări din Colinele Tutovei:1-zone de desprindere vechi,estompate; 2-zone de desprindere recente, active; 3-corpul alunecării din prima etapă; 4-corpul alunecării din a doua etapă *(după I. Hârioabă, 1969)*

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Modelele prezentate ne conduc la ideea că pe o suprafață inițială (de multe ori suprafață cu vechi alunecări stabilizate) procesul, dintr-un ciclu de reactivare, poate "diseca" versantul în noi organisme de alunecare, alunecări + torenți, alunecări + curgeri de noroi, alunecări + formațiuni de deraziune. Intre acestea rămâne o suprafață nederanjată (martori sculpturali), ce se extinde din zona de cumpănă până la baza versantului (în prima etapă).

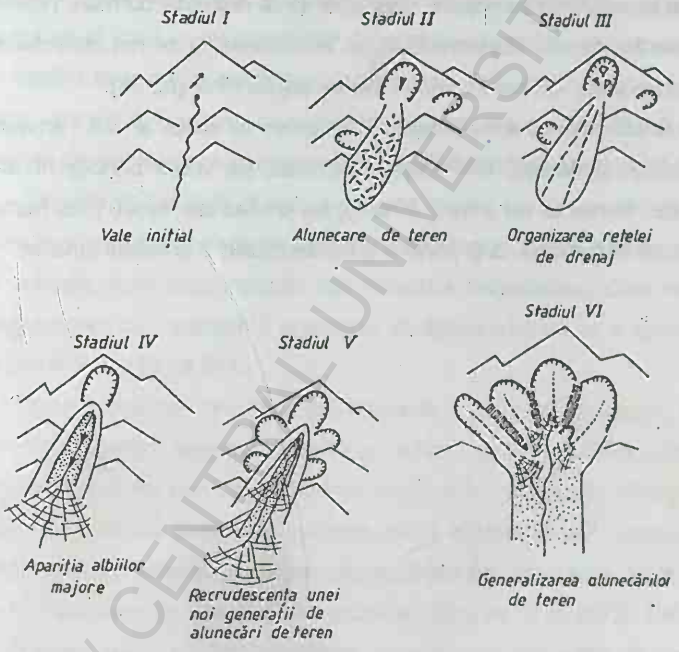


Fig. 36. Stadii de evoluție a unor versanți cu alunecări de teren și eroziune liniară

Ulterior, acești martori sculpturali sunt "consumați" de procese de alunecare, "adventive", ce compensează dezechilibrul creeat de prima mișcare, ducând treptat la "retragerea" martorului sculptural spre cumpănă.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Dacă într-o primă fază de evoluție, zona de desprindere are, de regulă, o formă circulară, în fazele următoare ea trece prin forma franjurată ca, în final, ea să devină liniară. Corpul alunecării, inițial sub forma unei văi de alunecare, în faza finală se generalizează, formând versanții de alunecare, ce spre bază prezintă un imens glacis deluvial.

In evoluția unor astfel de versanți cu alunecări un rol însemnat îl joacă litologia și formațiunile torențiale, care apar și se dezvoltă cu mare repeziciune în astfel de formațiuni. Ele contribuie la "amorsarea" unor noi dezechilibre, ce vor fi "compensate" de noi alunecări într-un stadiu viitor (fig 36).

Un exemplu specific îl regăsim în versantul drept al văii Târnavei Mari între Vânători și Albești, în Podișul Mahăceni; pe valea Lenceș; în colinele Tutovei etc. Versanții vor suferi, în timp, un proces de "tesire", nu numai prin scăderea lor altitudinală, ci și printr-o creștere rapidă a nivelului luncilor.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

10. TIPOLOGIA ALUNECARILOR

10.1. Alunecări active și potențiale în raport cu diferitele condiții de apariție.

In ***raport cu vârsta***, relativa discontinuitatea procesului de alunecare în spațiu, ca și lipsa unei continuități de evoluție dinamică, în timp, ne-a făcut să procedăm la o primă delimitare, între alunecările *vechi*, aflate în stare de echilibru, și cele noi, *active*. In acest fel, căutăm, pe cât posibil, să eliminăm încercarea de clasificare a alunecărilor ca vechi (stabile), recente și actuale.

Despre alunecările stabile se poate spune că ele se află în faza de echilibru morfodinamic, și că, de evoluția microformelor generate de proces, în etapa actuală, sunt responsabile alte procese denudațiale. Cele recente și actuale, credem că, reprezintă doar faza dinamică extinsă pe o perioadă mai lungă sau mai scurtă de timp.

In clasificarea noastră, de alunecări vechi și alunecări noi, am considerat că, pentru cele vechi, limitarea în timp, se face la ultimul ciclu major de evoluție trecut, iar cele noi reprezintă alunecările produse în ultimul ciclu de evoluție dinamică. La nivelul țării noastre, ca de altfel la nivelul Europei și chiar a întregii lumi, ciclicitatea producerii alunecărilor de teren este de 30 de ani, ultimele cicluri de recrudescență a procesului fiind în 1910-1912; 1942; 1969-1973. O mare parte din vechile forme generate de alunecări, în cicluri mai vechi, au fost reluate în mișcare de ultimul ciclu (1969-1973), dar la fel de sigur este faptul că, această reactivare, nu s-a produs la scara întregului organism de alunecare anterior. In acest caz, posibilitatea de a se face delimitări stricte între vechi și nou este dificilă.

Un nou ciclu de reactivare a deluviilor, cantonate pe versanți, va însemna trecerea alunecărilor active, din ciclul prezent, în rândul celor vechi.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Alunecările declanșate într-un ciclu trecut își păstrează însă, un potențial ridicat de a deveni, într-un ciclu nou, alunecări active. Din acest punct de vedere, întreaga suprafață a versanților, excepție făcând, în unele cazuri doar cumpenele de apă, potențial pot fi afectate de alunecări de teren. Acest potențial însă, este diferențiat de o serie de factori care sunt, mai mult sau mai puțin, sub incidența unui timp istoric. Instalarea covorului vegetal arborescent și intervențiile antropice de regularizare și echilibrare a masei și energiei în sistemul versant, cât și rolul jucat de procesele de modelare, în timp, la acest mecanism complex de evoluție, au redus acest potențial la suprafețe tot mai mici.

In decursul timpului geologic, credem că, pe majoritatea suprafeței versanților, au existat condiții optime pentru declanșarea și evoluția alunecărilor de teren. Mărturiile, pentru timpul îndepărtat, sunt greu de evidențiat. La fel de greu sunt de găsit mărturiile unor alunecări din timpuri istorice. Existența unor mari zone de desprindere (puse în evidență mai ales acolo unde litologia și structura le-a permis păstrarea în timp), pot veni în sprijinul ideii că, alunecările de teren, au fost prezente în modelarea versanților.

Alunecările produse la scara timpului geologic sau chiar istoric s-au realizat în condiții care nu se mai pot repeta decât parțial. Dacă condițiile de constituție fizică și mecanică a depozitelor de versant suportă modificări nesemnificative, la scara timpului istoric, și mai nesemnificative sunt schimbările care pot apărea, la scara acestui timp, în regimul precipitațiilor. Cele mai însemnate modificări sunt cele privind morfometria versantului, astfel spus, micromorfologia versanților a devenit variabila cu cele mai mari valențe. După părerea exprimată de *Q. Zaruba, V. Mencl, 1974*, o alunecare devine stinsă, inactivă, doar atunci când, pe corpul ei, nu mai există semne certe de mișcare.

Mai ușor este de a delimita suprafețele cu alunecări active și potențiale, la nivelul unui ciclu de evoluție. In timp ce, dinamica unei alunecări se află în descreștere vizibilă, energia ei este compensată de sensibilizarea

terenurilor aflate în vecinătate, introducându-le în rândul celor cu potențial ridicat de mișcare.

In analiza a peste 500 alunecări de teren din zona flișului carpatic, am considerat ca alunecări active pe acelea preluate în mișcare în ultimul ciclu de recrudescență a procesului (1969-1980), deci actuale. Pe celelalte le vom considera alunecări vechi.

La nivelul întregii zone a flișului, în acestă perioadă, s-au reactivat numeroase alunecări, însumând o suprafață cu mult mai mică decât ceea ce s-a produs în trecut. Raportată la această suprafață, cea a alunecărilor active a pus în mișcare și un volum de material deluvial redus, care, în perioada 1969-1980, a fost de aproximativ 16.778.000 m^3. In valea Bistriței(310 km^2), alunecările active, din ultimul ciclu de recrudescență, ocupă doar 3,56 km^2. Admițând că acest material ar fi evacuat în totalitate, de pe întreaga suprafață a văii, ar însemna ca versanții să-și coboare altitudinea cu 5,4 cm.

In ***raport cu modul de utilizare al terenurilor,*** din întreaga suprafață cu alunecări active, cele care afectează versanții cu pășuni și fânețe, ocupă 2,45 km^2. Mult mai scăzută este suprafața cu alunecări active care afectează zona împădurită. Din totalul de cazuri de alunecări care apar în păduri (55), 27 din ele afectează centura forestieră de protecție a lacului Izvoru Muntelui. Deși ocupă o suprafață restrânsă, de numai 1,11 km^2, aceste alunecări pun în mișcare aproximativ 9.374.000 m^3 de deluvii.

Același aspect se păstrează și în zonele sucarpatice sau de podiș, unde, cele mai afectate terenuri de alunecări de teren sunt cele care au ca folosință pășunie, fânețe și spații agricole. Exemplificăm cu aria subcarpatică din bazinele Râmna și Râmnicu Sărat (Tab. VII) unde, în perioada anilor 1980 - 1990 s-au cartat 91,4 km^2 și respectiv 105,9 km^2 cu alunecări active și potențiale.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In raport cu înclinarea versanților, alunecările de teren din valea Bistriței îi ocupă pe cei sub 25°. Pantele de evoluție a corpului alunecării, în 70% din cazuri, au fost de 8-17°.

Tab. VII. Repartizarea arealelor cu alunecări de teren în raport cu folosința în bazinele subcarpatice ale râurilor Râmna și Râmnicu Sărat

Bazinul	Tipul de alunecare	Suprafața kmp	Repartizarea arealelor cu alunecări în raport de folosința terenurilor				
			Păduri și plantații forestiere	Pășuni, fânețe, arabil	Livezi	Vii	Vatră sat
Râmna	Alunecări active, complexe	61.75	27.8	43.3	17.7	1.6	9.7
	Alunecări active, complexe și curgeri noroiase	17.48	7.4	77.4	11.6	0.9	2.7
	Alunecări potențiale	12.17	29.4	34	25.7	–	10.9
Râmnicu Sărat	Alunecări active, complexe	75.4	22.1	35.3	37.5	1.7	3.3
	Alunecări active, complexe și curgeri noroiase	19.75	20.7	65.1	12.6	0.9	0.7
	Alunecări potențiale	10.75	38.8	20.5	27.4	0.9	12.4

Este cazul alunecărilor dezvoltate în deluvii provenite dintr-un substrat cu o alternanță ritmică de marno-argile, calcare și gresii. In deluviile cu un conținut ridicat de fracțiune fină, provenite din argile și șisturi argiloase, alunecările pot evolua și pe pante mai mici de 8°. Pe versanții cu înclinări mai mari de 22°, alunecările apar rar. Din analiza statistică a 289 alunecări active, din valea Bistriței (alese proporțional, în raport cu numărul alunecărilor dezvoltate pe depozite de versant ce cantonează pe diferitele entități litologice ale flișului) s-a constatat că, cele mai multe dintre ele(80%), evoluează pe versanți cu înclinări cuprinse între 10-20°; 13,5% pe pante sub 10°, și că ele

sunt rare pe pante mai mari de 20°. Când panta versanților depășește 25°, alături de alunecări, apar și alte procese de mișcare în masă (surpări, curgeri de pietre, etc).

Și în ***raport cu dispunerea altitudinală*** a alunecărilor de teren, pe versanți, nu există o uniformitate. Acest fapt a fost pus în evidență în valea Bistriței de *I.Ichim, V.Surdeanu (1972-1973)*, care au arătat că alunecările apar sporadic peste 700-800 m altitudine absolută. Credem că, frecvența ridicată a alunecărilor la altitudini mai coborâte este datorată, în primul rând, evoluției anterioare a versanților, când ei au fost "decopertați", în partea lor superioară, de pătura de destrucție, care a fost transportată spre baza lor.

In al doilea rând, sub această limită s-au produs cele mai mari modificări ale peisajului ca urmare a umanizării lui. Evoluția vetrelor de sat, a terenurilor defrișate s-a făcut de la vechile centre de populație, situate pe văi sau în partea joasă a versanților, spre cumpăna de apă. In acest fel și eroziunea s-a transmis regresiv, spre partea înaltă a versanților. Dacă timpul de impact om-mediu a fost relativ scurt, agresivitatea acțiunilor lui asupra stabilității versanților a fost ridicată.

In analiza repartiției altitudinale a alunecărilor de teren trebuie să se ia în considerație aria de proveniență a deluviului pus în mișcare. In valea Bistriței, din numărul total de 450 alunecări, active în perioada 1969-1980, cele mai multe reprezintă reactivări ale vechilor alunecări, între 500-600 m altitudine absolută (161), urmat fiind de numărul ridicat de cazuri (142) între altitudinile 600-700 m. Spre cumpăna versanților, numărul alunecărilor scade treptat la 71, între 700-800 m și la 22, între 800-900 m.

Scăderea altitudinii versanților văii, aproape de intrarea sa în zona depresionară subcarpatică, a făcut ca alunecările să ocupe areale la cote mai joase. Astfel, între 400-500 m, s-au înregistrat 49 de alunecări, iar între 300-400 m numai 5. Numărul redus al alunecărilor din partea joasă și cea superioară a versanților se face în raport cu scăderea arealelor predispuse spre a fi afectate de proces. Dacă între 310-400 m alt. abs., în valea Bistriței -

sectorul Piatra Neamț-Bicaz, sunt bine dezvoltate depozitele aluvionare, partea versanților, cu altitudini peste 800 m, suportă o bună acoperire cu vegetație arborescentă ce contribuie la o reducere gradată a suprafeței de manifestare a procesului. Pentru cele 450 de alunecări active s-a calculat volumul de deluvii pus în mișcare pe trepte altitudinale (tabel VIII).

Tabel VIII. Suprafața afectată de alunecări active, volumul de deluvii pus în mișcare, pe trepte altitudinale, în raport cu litologia substratului.

Substrat litologic	Fliș grezos calcaros, șistos argilos		Fliș predominant argilos		Fliș argilos șistos cu intercalații de marno calcare și gresii		Fliș șistos argilos cu intercalații de gresii masive		Fliș predominant grezos		Fliș calcaro grezos, șistos argilos		TOTAL		
Etaj altitudinal	S	Vol.	S	Vol.	S	Vol.	S	Vol.	S	Vol.	S	Vol.	Suprafață		Vol.
	ha	m^3X10^3	ha	m^3X10^3	ha	m^3X10^3	ha	m^3X10^3	ha	m^3X10^3	ha	m^3X10^3	ha	%	m
301-400					0.2	1,8			0.3	10,7			0.5	0.1	12,5
401-500			14,0	977,6	6.9	107,1			0.1	0,5	3.4	208,9	24.4	6.9	1,294,1
501-600	4.2	187,5	17,5	740,2	118,5	5042,5	0.4	1,7	0.4	6,0	2.9	483,2	144,0	40.4	6461,2
601-700	4.5	78,6	6,6	124,7	36.0	941,5	5.6	561,7			0.1	0,4	52.8	14.8	1706,8
701-800	1.0	3,4	98,4	6756,5	13.6	179,9	0.9	0,3					113.9	32,0	6949,1
801-900	1,6	40,0	2,8	51,9	16.4	262,3							20.8	5.8	354,2
Total	11.3	309,5	139.3	8650,9	191.7	6535,1	6.9	572,7	0.8	17,2	6.4	692,5	356.4	100	16778,1
% din total	3.2	1.8	39.1	51.6	53.8	39,0	2,0	3.4	0.2	0.1	1.7	4.1			

Din treapta altitudinală 700-800 m se detașează și sunt transportate spre partea joasă a versanților 41,1% din volumul total de deluvii. In ordine, este urmat de intervalul altitudinal 500-600 m, de unde este pus în mișcare un volum deluvial ce reprezintă 38,5% din cel total. Aria altitudinală cuprinsă între 600-700 m este folosită în principal, pentru tranzitul de depozite deluviale. Volumul pus în mișcare de aici a reprezentat doar 10,2% din cel total. La altitudini mai mari de 800 m, alunecările nu se mai constituie într-un proces denudațional major, ele punând în mișcare 2,1% din volumul total. Intre 300-

500 m altitudine absolută, volumul de deluvii pus în mișcare de alunecări a fost de numai 7,8% din cel total.

Pentru 151 alunecări active din bazinele experimentale, cu care am operat, reprezentând 1/3 din numărul total al alunecărilor active din valea Bistriței, în perioada 1969-1980, s-a întocmit o situație aparte.(fig. 37). Toate cele 7 bazine au o suprafață de 12,25 km^2, ce reprezintă 3,9% din cea totală. Suprafața cu alunecări active, care le modelează, reprezintă însă, 18,5% din suprafața totală a lor și 63,4% din suprafața cu alunecări active din valea Bistriței. Dacă, pentru zona altitudinală 513-600 m, intervenția omului asupra stabilității versanților s-a constituit în principala cauză declanșatoare a procesului de alunecare, pentru zonele înalte, umezirea excesivă din perioada de primăvară-vară, continuată spre toamnă *(I. Ujvari, V. Buz, 1973)* devine cauza principală (tabel VIII).

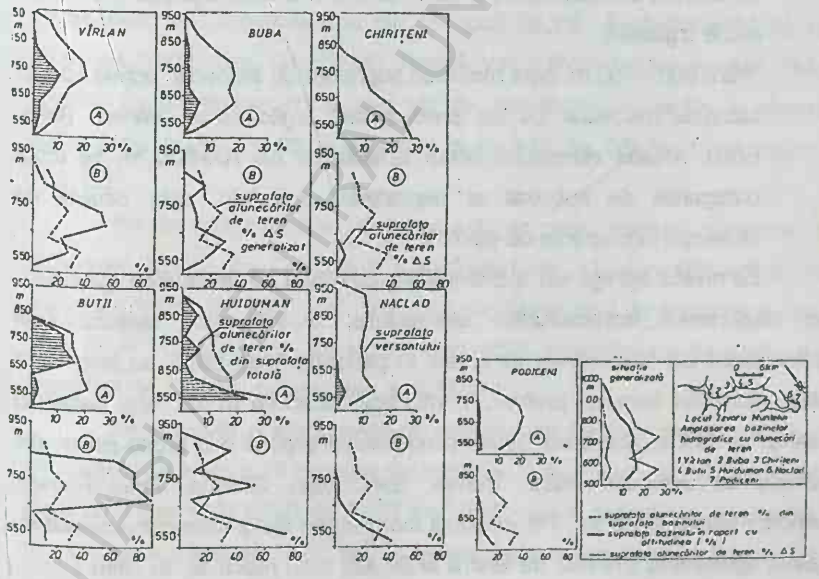

VÎRLAN
BUBA
CHIRIȚENI
BUTII
HUIDUMAN
NACLAD
PODICENI
suprafața alunecărilor de teren % ΔS generalizat
suprafața alunecărilor de teren % ΔS
suprafața alunecărilor de teren % din suprafața totală
suprafața versantului
situație generalizată
Locul Țevaru Mundelui
Amplasarea bazinelor hidrografice cu alunecări de teren
1 Vîrlan 2 Buba 3 Chiriței 4 Butii 5 Huiduman 6 Naclad 7 Podiceni
suprafața alunecărilor de teren % din suprafața bazinului
suprafața bazinului în raport cu altitudinea (%)
suprafața alunecărilor de teren % ΔS

Fig. 37 Repartiția altitudinală a alunecărilor de teren din valea Bistriței-zona flișului

In ceea ce privește ***expoziția versanților,*** ocupați de alunecări de teren, s-a constatat că, până la altitudinea de 600 m apariția procesului se face pe versanții cu expoziții diferite, predominând, în 27% din cazuri, pe cei cu expoziție S și SE. Peste această altitudine, ponderea apariției alunecărilor pe versanții cu expoziție S și SE crește la 33% din cazuri, între altitudinile 600 - 700 m, și la 50% între 700 - 800 m. Peste 800 m alunecările afectează versanții cu expoziție sud și sud-vest.

In raport cu ***alcătuirea geologică*** s-a putut constata că:

-între altitudinile 500 - 600 m, cele mai extinse suprafețe cu alunecări active sunt în domeniul depozitelor de versant provenite din strate cu predominare a argilelor și șisturilor argiloase, în alternanță ritmică cu marnocalcare și gresii, din bazinele Huiduman și Naclad, urmate fiind de cele ale alunecărilor apărute în deluvii în a căror substrat predomină rocile argiloase.

-între 600 - 700 m, cele mai mari suprafețe cu alunecări active sunt în bazinele modelate pe fliș predominant argilo-șistos (Vârlan, Buba, Butii). Arealul versanților situat la altitudini de 700-800 m, pe toate categoriile de substrat al depozitelor deluviale, este ocupat de alunecări în proporție de 60-77%.

La nivelul întregii văi a Bistriței s-a constatat că, alcătuirea geologică, prin dispunerea litofaciesurilor elementare, a influențat caracteristicile morfometrice ale alunecărilor de teren. In perioada 1969-1970, au fost foarte puține alunecări care au preluat, în mișcare, structura în loc. Mai frecvente acestea au fost în domeniul flișului predominant argilos sau argilo-șistos, din bazinele cu alunecări Buba, Vârlan, Butii, zona Cristina, Prisăcii-Straja, Scăricica-Vaduri și Sărata. Pe versanții modelați pe fliș grezos-calcaros-șistos-argilos, aparținând stratelor de Bistra și Sinaia, s-au reactivat, în ultimul ciclu, 66 de alunecări. Sub aspect morfologic au predominat cele în trepte și brazde. Suprafața afectată de alunecări active a fost de 0,114 km^2, iar volumul pus în

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

mișcare de 309492 m^3. In medie, o alunecare dezvoltată pe depozite de versant provenite din acest substrat a avut o suprafață de 0,17 ha și a pus în mișcare un volum de aproximativ 4700 m^3. Pe ariile de fliș predominant argilos (Strate de Audia, Strate de Bisericani și argile roșii și verzi) s-a inventariat 121 alunecări active, reprezentând 26,9% din numărul total. Ele au afectat versanții văii pe o suprafață de 1,39 km^2, și au pus în mișcare un volum de 8549620 m^3, reprezentând 51% din volumul total. In medie, o alunecare, din acest domeniu, are o suprafață de 1,15 ha și pune în mișcare un volum de aproximativ 70660 m^3.

Cele mai multe alunecări (221) s-au declanșat pe aria flișului predominant argilo-șistos cu intercalații de marnocalcare și gresii (Strate de Hangu, s.s.). Ele au afectat o suprafață de 1,99 km^2, ceea ce reprezintă 55,9% din totalul suprafeței cu alunecări active. Volumul deluvial pus în mișcare a fost de 6636421 m^3, reprezentând din cel total 38,1%. Sunt alunecări de mare amploare (Huiduman, Grozăvești, Potoci, Valea Mormântului, Naclad, Poiana-Oanțu), cu morfologie mixtă sau văi de alunecare. In medie, o alunecare apărută pe astfel de substrat, are o suprafață de 0,9 ha și un volum de 30029m^3.

Pe fliș șistos-argilos, cu intercalații de gresii masive, nisipoase, slab cimentate (Strate de Cotumba), s-au inventariat 11 alunecări active, cu o suprafață totală de 0,07 km^2. Volumul de deluvii pus în mișcare a fost de 592770 m^3. În medie, o alunecare dezvoltată pe astfel de depozite, are o suprafață de 0,63 ha, și un volum de 52070 m^3.

Pe versanții a căror substrat este dat de faciesul gresiei de Tarcău, alunecările de teren sunt procese rar întâlnite. S-au inventariat 10 alunecări de teren cu o suprafață totală de 0,007 km^2. Volumul de deluvii pus în mișcare de către acestea a fost de 17225 m^3. In medie, o alunecare dezvoltată pe astfel de depozite are o suprafață de 0,07 ha și pune în mișcare un volum de 1723m^3. Pe aria versanților, având ca substrat fliș calcaro-grezo-șistos argilos (Strate de Doamna, Starte de Gura Șoimului, menilite, disodile, marne brune bituminoase,

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

gresie de Kliwa) s-au inventariat 22 de alunecări (4,8% din numărul total) cu o suprafață de 0,06 km^2. Volumul de deluvii pus în mișcare a fost de 692.500 m^3. Fragmentarea deluviilor este în trepte și brazde (Pietricica, Cozla, Agârcia-Malici).In medie, o alunecare dezvoltată în deluvii având ca proveniență acest substrat, au o suprafață de 0,3 ha și un volum de 31.477 m^3.

In raport cu ***grosimea deluviilor*** afectate de mișcare, din cele 450 de alunecări active din valea Bistriței, cele mai multe din ele (279) au fost sub 2 m. Alunecările cu grosimi mici sunt specifice ariilor de versant situate peste 700 m (pentru alunecări lenticulare), dar și celor dezvoltate pe deluvii predominant scheletice. Alunecările de profunzime medie (2-5 m), reprezintă 26,7% din numărul total de cazuri. Apar, cu precădere, în partea medie a versanților și au o extindere mare în deluviile provenite din fliș predominant argilos. Doar 51 de alunecări, active în perioada 1969-1980, au avut grosimi mai mari de 5 m. Se produc, de obicei, între 400-600 m, pe versanții acoperiți cu deluvii în care predomină matricea argiloasă. Dintre acestea, doar 8 alunecări depășesc 10 m. Cele mai profunde alunecări s-au declanșat în deluvii provenite dintr-un substrat în care predomină entitățile litologice argilo-șistoase și marnoase.

Alunecări în ***raport cu morfologia determinată***. Asupra clasificării alunecărilor în raport cu morfologia determinată au existat mai multe opinii, expuse parțial în capitolele anterioare. Vom reveni în prezentul capitol asupra unor idei, care stau la baza încercărilor noastre de a clasifica alunecările în funcție de formele noi pe care le induc în morfologia versanților.

Despre o clasificare în raport cu morfologia determinată nu poate fi vorba decât atunci când procesul și-a încetat faza dinamică și corpul deluvial a intrat în echilibru morfodinamic. Trecerea alunecărilor într-o categorie morfologică, în perioada evoluției dinamice, poate crea confuzii, deoarece anumite microforme sunt în continuă transformare.

In funcție de condițiile care influențează micromorfologia alunecării se va realiza faza dinamică a ei, care, și ea la rândul ei, o va influența.Tinând cont

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

de aceste criterii, clasificare noastră prezintă următoarele tipuri morfologice de alunecari:

-alunecări lenticulare

-alunecări în trepte și brazde

-alunecări cu monticuli și valuri

-văi de alunecare

-alunecări cu micromorfologie complexă

a) Alunecări lenticulare apar pe toate categoriile de deluvii, și au drept cauză declanșatoare, în special, excesul de umiditate, realizat la un moment dat, în masa deluvială. Prin dimensiunile lor, se impun în relieful versanților, de la baza lor până-n cumpăna de apă, ca mici praguri.

Zona de desprindere este slab evidențiată, având înălțimi de 0,5-1,0 m. In cazul deluviilor uniforme din punct de vedere granulometric, predominant argiloase, corpul alunecării este nefragmentat. Atunci când însă, în masa deluvială sunt diseminate fragmente de roci, și când, în profilul versantului, apar frecvente ruperi de pantă (datorate, în parte, proceselor de alunecare anterioare), corpul alunecării se poate fragmenta, putând evolua singular pe panta morfologică a lui. Când acest lucru se întâmplă cu o parte mai mare din corpul deluvial și aceasta stagnează o perioadă de timp pe panta morfologică, prin greutatea sa, poate declanșa o nouă alunecare, care, în condiții similare, va genera o altă reactivare. Astfel încât, pe versant, se formează o "salbă" de alunecări. Prin pierderea energiei de transport, datorită frecării, între cumpănă și partea inferioară a versantului, masa deluvială în mișcare lasă un "val" lateral format din matrice și blocuri. Spre baza versantului, masa deluvială a două alunecări paralele poate să "conflueze" (caz tipic în bazinul Fundoaia-Pângărați). Suprafața de alunecare are o formă cilindrico-elipsoidală, cu deschidere mare a razei, ceea ce dă, uneori, impresia de mișcare de translație. Faza dinamică se realizează cu bruschețe, într-o perioadă scurtă de timp. Ea este "comandată" de condițiile care au facilitat deplasarea.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In valea Bistriței - zona flișului, au fost inventariate 68 de alunecări lenticulare, reprezentând 15,1% din numărul total al acestor procese. Din întreaga suprafață afectată cu alunecări active, alunecările lenticulare ocupă 0,1 km^2 (2,8% din cea totală). Fiind alunecări de mică adâncime (până la 2 m), volumul de material deluvial pus în mișcare de ele a fost de numai 186.912 m^3, ceea ce reprezintă 1,1% din volumul total. Pe trepte altitudinale, acest tip morfologic este frecvent între 500-700 m, și între 800-900. Din analiza statistică a caracteristicilor morfometrice, a reieșit că, în medie, alunecările lenticulare au o lungime de 55,3 m și o lățime de 22,7 m.

Alunecările lenticulare s-au produs în spațiul văii Bistriței, cel mai frecvent în aria flișului grezo-calcaros-șistos-argilos (Strate de Sinaia și de Bistra-Babșa), și-n cea a flișului eocen, din Semifereastra Bistriței, fără însă a lipsi total în celelalte zone. Menționăm astfel, alunecările de la Stejarul-Bușmei, Dreptu-Roșeni, Secu Vaduri-Agârcia, Cârloman-Cărbunărie. In domeniul deluviilor provenite din Strate cu Inocerami, alunecările lenticulare reprezintă faze incipiente de reactivare a unor forme vechi. Frecvența lor este mai ridicată în bazinele Huiduman, Grozăvești, Brădițel, Potoci, Ruginești și Podiceni.

b) Alunecările în trepte și brazde, ca frecvență, sunt cele mai răspândite în zona flișului, apărând pe toate categoriile de deluvii. Din numărul total de alunecări active inventariate, 193 (42,9%) sunt alunecări cu o astfel de fragmentare.De regulă, reprezintă reactivări, parțiale sau totale, ale vechilor forme de alunecare, aflate în stare de echilibru. Fragmentarea majoră este cea în trepte, disecate de crăpături, în brazde. De obicei, fragmentarea în brazde intervine în cursul evoluției dinamice, acesta fiind rezultatul eforturilor de tracțiune sau de strivire. Datorită acestora, masa deluvială este deranjată, iar pătura de sol puternic distrusă. Atunci când crăpăturile sunt dispuse perpendicular pe direcția de mișcare, fragmentarea în brazde este foarte clară.

Fragmentarea în trepte marchează frecventele ruperi de pantă, fie de natură structurală, fie de natură morfologică.

BCU IASI / CENTRU DE CONSERVARE

Alunecările cu fragmentarea în trepte și brazde se produc în deluvii cu un procent ridicat de matrice. In funcție de umiditatea acestora, în momentul declanșării, se pot realiza o singură suprafață de alunecare sau, mai multe, cu funcționalitate simultană. Zona principală de desprindere are formă circulară sau liniară. Corpul alunecării este fragmentat între un număr variabil de trepte, cu lungimi diferite. Pe podul acestora, vegetația arborescentă este slab deranjată, rămânând de multe ori "în picioare". Între trepte, la ruperile de pantă, apar zone de desprindere secundare, cu o energie diminuată față de cea principală. De regulă, zona de desprindere principală are înălțime medie de 2-5 m, iar cele secundare, sub 2m. Fruntea alunecării are formă bombată, convexă și staționează în marea majoritate din cazuri, pe suprafața versantului, neafectată de mișcare. Părțile laterale ale alunecării sunt abrupte (1-3 m), reprezentând continuarea în aval a zonelor de desprindere. Energia lor este dată de violența cu care s-a produs mișcarea. Suprafețele de alunecare, în profil longitudinal și transversal, sunt circular-elipsoidale, copiind morfologia preexistentă.

In cazul în care, drenarea lor se face pe cele două laturi ale corpului alunecării, prin eroziunea în adâncime a organismelor nou apărute, se facilitează apariția de alunecări "adventive", frecvent în aria montană dar și în cea de dealuri colinare sau subcarpatice.

După intrarea în echilibru morfodinamic, energia de relief dintre trepte este diminuată, fie prin mișcări de alunecare, rotaționale, fie de apariția unor glacisuri coluvio-proluviale.

In mod frecvent, alunecările în trepte și brazde apar în două situații distincte:

- în cazul în care mișcarea este cauzată de eroziunea unui pârâu la baza versantului, se produce o transmitere regresivă, spre cumpănă, a dezechilibrului creat. Treptele, cu lățimi mici, au podurile cu înclinare inversă față de înclinarea versantului. Suprafața de alunecare, cu profil concav, reprezintă "unirea" suprafețelor critice de alunecare a fiecărei

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

trepte. Acest tip de alunecări însoțesc albiile pâraielor, și au lungimea cu mult mai mică decât lățimea. Prin evoluția regresivă a zonelor de desprindere principale și a abrupturilor laterale, iau naștere, în acest caz, alunecările "adventive", la care, lungimea depășește lățimea.

- când mișcarea se produce detrusiv, fragmentarea în trepte și brazde este cauzată, în exclusivitate, de ruperile de profil din panta morfologică a versantului. Dimensiunile acestora sunt subordonate morfologiei preexistente iar volumul de material pus în mișcare este mai mare. Sunt cazuri când, ele afectează și structura în loc.

Alunecările în trepte și brazde au afectat în valea Bistriței o suprafață de 0,48 km^2, reprezentând 13,4% din suprafața cu alunecări active. Volumul de deluvii pus în mișcare a fost de 1.398.240 m^3, ceea ce reprezintă 8,3% din volumul total. Pe trepte altitudinale, cel mai mare volum a fost dislocat între 500-600 m, ca urmare a intervenției omului asupra echilibrului versanților. Urmează apoi intervalul altitudinal de 700-800 m, unde se realizează frecvente ruperi de profil (tabel VIII).

In medie, în zona flișului văii Bistriței, o alunecare în trepte și brazde are lungime de 70,1 m, lățimea de 20,8 m, iar grosimea de aproximativ 3 m, ceea ce denotă o predominare a alunecărilor detrusive. Declanșarea lor este mai frecventă acolo unde, în substrat, rocile dure, calcaro-grezoase, alternează cu roci moi, argilo-șistoase, ca de exemplu, zonele Borca-Farcașa, Bofu-Pârâu Mare,și în bazinele cu alunecări Chirițeni, Butii, Huiduman, Grozăvești, Potoci, Naclad, Podiceni, Oanțu, Agârcia-Doamna.

Văile pâraielor de ordinul I și II sunt frecvent însoțite, în sectoarele de adâncire a albiilor, de acest tip morfologic de alunecări.

Sub aspect dinamic, în evoluția lor, cu o durată lungă de timp, putem întâlni accelerări și diminuări ale vitezelor de deplasare, funcție de energia de care dispun.

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

Tabel IX. Volumul deluvial pus în mișcare de alunecări de teren, pe trepte altitudinale și pe tipuri morfologice.

Tipuri morfologice / Nivel altitudinal		Alunecări în trepte și brazde	Alunecări lenticulare	Alunecări în monticuli și valuri	Văi de alunecare	Alunecări cu fragmentare complexă	Total	
							mc	%
301 – 400		10,600	1,900				12,500	0.2
401 – 500		69,325	10,325			1,214,500	1,294,150	7.7
501 – 600		594,325	49,895	77,904	753,100	4,985,932	6,461,156	38.4
601 - 700		301,615	73,395	132,945	171,320	1,027,550	1,706,825	10.2
701 - 800		412,600	13,385	68,190	1,310,050	5,144,950	6,949,175	41.4
801 - 900		9,775	38,012	36,435	1,500	268,500	354,222	2.1
Total	mc	1,398,240	186,912	315,474	2,235,970	12,641,432	16,778,028	100
	%	8.3	1.1	1,9	13.3	75.4		

c) Alunecări cu monticuli și valuri. In cadrul acestei categorii, am inclus alunecările cu fragmentare tipică în monticuli și valuri, dar și alunecările cu fragmentare în valuri de tip pseudosolifluidal (în *sens I. Ichim*). Suprafețele cu alunecări monticulare sunt caracteristice, mai ales, zonelor de podișuri și subcarpatice, în momentul de față, ele aflându-se în echilibru morfodinamic. Majoritatea acestor suprafețe sunt acoperite cu pășuni și fânețe, deci vârsta lor este geologică sau istorică.

Trebuie să remarcăm însă că, această micromorfologie reprezintă o stare de evoluție, datorate altor procese de denudație decât cele din faza inițială, părere ce contravine altora exprimate în literatura de specialitate. Pentru D. Transilvaniei, *V. Gârbacea, 1995,* susține o evoluție, ce se desfășoară de la declanșare și până la stabilizare, prin astfel de forme.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Frecvența alunecărilor monticulare și în valuri depinde de componentele fizice și de mecanica depozitelor deluviale. Ele, de regulă, se declanșează în ariile cu depozite de versant în care predomină fracțiunea fin-argiloasă. Plasticitatea mare a acestora permite ca, în timpul evoluției dinamice, corpul alunecării să se fragmenteze puțin. Zonele de desprindere au formă circulară larg deschisă, cu înălțimi ce pot ajunge la zeci de metri, bine marcate în relief printr-un abrupt aproape vertical. Excepție fac alunecările pseudosolifluidale, care apar în zona înaltă (peste 750 m), și ale căror zone de desprindere au energie redusă (0,5-1 m). De sub zona de desprindere, spre aval, șiruri de movile sunt dispuse aproximativ paralel cu acesta (Valea Mormântului, Saeș, Saschiz, Movile, Netuș etc), sau alternează cu valuri, dispuse perpendicular pe linia de mare pantă. In spatele lor, s-au acumulat ochiuri de apă sau au apărut zone mlăștinoase, cu o vegetație specifică, hidrofilă (Equisetum, Typha, Fragmites). Față de vechile alunecările monticulare și în valuri, stabilizate, cele noi au o energie a microformelor mai redusă, până la maximum 5 m. Excepție fac alunecările de tip pseudosolifluidal, a căror înălțime se situează sub 0,5 m. Frecvența valurilor este însă foarte mare, astfel încât distanța dintre două valuri consecutive poate fi de aproximativ 2 m.

In perioada 1969-1980, alunecările monticularte și în valuri, active în valea Bistriței, au afectat o suprafață de 0,19 km^2, ceea ce reprezintă 5,4% din suprafața totală afectată de alunecări. Ele au pus în mișcare un volum de 315.474 m^3, reprezentând 1,9% din volumul de deluvii antrenate de mișcările de alunecare. Cel mai mare volum antrenat de acest tip morfologic s-a realizat la altitudinile absolute de 600-700 m (cca 42,1%), urmat fiind de cele din treapta altitudinală de 500-600 (cca 24,7%) și cea de 700-800 m (21,5%).

In medie, acest tip morfologic de alunecare are o lungime de 94,7 m, o lățime de 25,2 m, iar grosimea de 1,75-3 m.

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

Evoluția dinamică a acestui tip morfologic în etapa actuală, a ultimului ciclu de recrudescență durează mai mulți ani, cunoscând creșteri și diminuări ale vitezelor de deplasare, funcție de regimul precipitațiilor.

d) Văile de alunecare. In acestă clasă morfologică, am inclus toate alunecările care, în literatura de specialitate au fost introduse sub denumirea de hârtop de alunecare, vale deluvială (*C. Martiniuc, 1954)*, alunecare de vale (*V. Mihăilescu, 1939; V. Tufescu, 1966; Gr. Posea, 1969)*, alunecare strangulată *(Gr. Posea,1969)*, alunecare dublă pâlnie *(I. Donisă, 1968)*. Am optat pentru denumirea de "vale de alunecare", având în vedere că, în morfologia de ansamblu imprimată pe versant, după efectuarea mișcării, este aceea de vale, în care aportul eroziunii liniare este minimă, atât în faza premergătoare cât și în cea a evoluției dinamice a procesului.

In prezent, văile de alunecare prezintă o extindere a celor vechi, stabilizate. Optimul lor de dezvoltare s-a situat, credem noi, în perioadele boreal-preboreal, subatlantic și au făcut ca principalele văi, până la ordinul III de mărime, să fie înecate de deluvii. Insăși organizarea rețelei actuale de drenaj, pe lateralele corpului deluvial, reprezintă o mărturie a genezei lor.

In faza actuală, acest tip de alunecări, ocupă părțile superioare ale bazinelor de recepție a văilor primare. Declanșarea, sau reactivarea acestui tip de alunecare, este posibilă în cazul supraumectării masei deluviale; datorită subsăpării bazei versantului sau a lucrărilor ce introduc discontinuități în profilul versantului. Bazinul de recepție a pâraielor este mărginit de zona de desprindere, de formă circulară, bine exprimată în relief, cu o înălțime de 1,5-2 m. Corpul alunecării este puternic fragmentat, pătura de sol păstrându-se pe porțiuni restrânse. Imediat sub "bazinul de recepție" urmează un canal de evacuare a materialului deluvial. De obicei, reducerea în lățime a acestui canal, în zonele montane, se datorează unei bariere de roci dure. Lateralele alunecării, în acest tronson, sunt abrupte, prezentând oglinzi de frictiune. Zona de debușare a materialului deluvial are forma de con. Acumularea deluviilor are

loc haotic, fără a se pune în evidență faze distincte. In cazul când, în masa deluvială, se realizează un exces de umiditate, ca o consecință a precipitațiilor sau din apele freatice deluviale, se produce declanșarea curgerilor de noroi.

In valea montană a Bistriței, în perioada amintită, s-au inventariat 25 de văi de alunecare active. Ele au afectat o suprafață de versant de aproximativ 0,84 km^2, ceea ce înseamnă 23,5% din suprafața alunecărilor active. Văile de alunecare au deranjat și pus în mișcare un volum deluvii de 2.235.970 m^3 (13,3% din volumul total). Arealele de versant, principale furnizoare de deluvii, sunt situate la altitudini de 700-800 m, altitudine absolută, care oferă 58,6% din volumul antrenat de văile de alunecare, fiind urmat de cel situat la altitudinea de 500-600 m, cu 33,6%. Foarte bine sunt remarcate în relief alunecările de teren de acest tip la Roșeni, Buba, Vârlan, Butii, Fârțigi, Huiduman, Potoci, Grozăvești. In medie, o vale de alunecare, are o lungime de 179,7 m, o lățime de 56,9 m și o grosime de 2,5-5 m.

e) Alunecări cu micromorfologie complexă (alunecări generalizate pe versanți) coincid cu o fază de extindere, pe arii importante de versant, a procesului. Sunt cele mai profunde alunecări, putându-se extinde, în adâncime, până la roca din loc. Pe suprafața lor se pot distinge areale pe care evoluția dinamică are loc diferențiat. Aceste diferențieri sunt coordonate de suprafețele de alunecare distincte, care iau naștere în corpul alunecării, funcționabile concomitent sau separat.

In dinamica lor, fazele de accelerare și diminuare a mișcărilor sunt în funcție de starea deluviilor, grefându-se pe o tendință generală de mișcare care se menține o perioadă mai mare de ani.

In valea Bisriței, aceste alunecări afectează cea mai mare suprafață (1,95 km^2), reprezentând 54,95% din întreaga suprafață de alunecări active.Ele cunosc cea mai mare extindere spre baza versantului, unde, în timp, a existat posibilitatea acumulării unei importante mase deluviale. Zona de desprindere a acestui tip de alunecare poate avea forme liniare, liniar franjurată sau circulară, "copiind" morfologia preexistentă. Tendința ei este de a deveni, prin procese de

alunecare ulterioare, liniară. Înălțimea ei variază de la 1-2 m, până la zeci de metri, funcție de caracterul mișcării, de substrat, de caracteristicile fizice ale depozitelor de versant. Pe corpul alunecării, pot să apară serii de zone de desprindere secundare, cu înălțimi de 1-3 m și chiar mai mult, ce reprezintă, în diverse faze de evoluție dinamică a ei, accentuarea unor crăpături de tracțiune. Apariția lor este strâns legată de variația energiei cinetice în urma redistribuirii, în suprafață, a cuverturii deluviale. Ca evoluție, ele sunt subordonate zonei de desprindere principale. De multe ori, chiar aceasta își pierde caracterul de primordialitate, constituindu-se într-un prag de dezechilibru pentru aria de versant situată în amonte de ea. Mișcările amorsate de acest dezechilibru se transmit regresiv, spre cumpănă, pe care o distrug parțial sau total.

Aflate în faza dinamică, alunecările cu micromorfologie complexă, pot șterge din calea lor, datorită masivității, martorii de rezistență, astfel încât deluviul înglobează și pachete din roca în loc.

Aceste alunecări se constituie în factori perturbatori ai rețelei de drenaj și ca importante surse de aluviuni, atunci când ajung în albiile de râu. Corpul alunecării este puternic fragmentat, putându-se întâlni pe el toate tipurile morfologice descrise anterior. Zona frontală, largă, prezintă, ca și corpul alunecării, forme diverse, de la abrupturi până la conul de împrăștiere deluviale. Un caz aparte îl constituie fruntile alunecărilor, care evoluează subacvatic (Huiduman). Ele se prezintă sub forma unui abrupt, cu înălțimi variabile și o înclinare de 80-90°.Volumul de material deluvial, pus în mișcare de alunecările cu micromorfologie mixtă, a reprezentat peste 75% din volumul total mobilizat de alunecările active. Pe trepte altitudinale, cel mai mare volum a provenit din aria altitudinală de 700-800 m, urmată de aria de versant situată între 500-600 m. În medie, alunecările cu micromorfologie complexă au o lungime de peste 200 m (212,2 m), o lățime de 90,9 m și o grosime de 6,5-7,0m.

Acest tip de alunecări are faza de evoluție dinamică cea mai extinsă în timp. Ea poate dura de la câțiva ani la peste 10 ani. Pe corpul alunecării se pot separa areale cu diverse viteze de deplasare, ca urmare a dezechilibrelor care

apar în timpul evoluției dinamice. Vectorii medii anuali de deplasare au valori de la 1-10 m. Mișcarea se poate executa pe una sau mai multe suprafețe de alunecare, suprapuse, funcționabile separat sau concomitent, în funcție de starea fizică a depozitelor deluviale supuse deplasării.

Alunecările de teren ***în raport cu tipul mișcării și modul ei de propagare.*** Lucrul mecanic efectuat de masele deluviale, din momentul declanșării și până la intrarea în echilibru morfodinamic, este în funcție de condițiile realizate, înainte și în timpul mișcării, pe suprafața versantului. Aceste condiții, generatoare de instabilitate, sunt date de condiții naturale de evoluție sau de intervenția antropică asupra stării versantului. Alunecările de teren, active, se grefează frecvent pe tipul de mișcare *translațional* sau pe cel *rotațional*. In cazul alunecărilor de mare amploare, aceste două tipuri de mișcare se pot întâlni, în același timp de evoluție dinamică, rezultanta lor fiind, o micromorfologie complexă.

Alunecările de translație se produc pe o suprafață de alunecare apărută în masa deluvială sau pe față de strat. Poziția acestei suprafețe de alunecare este paralelă cu suprafața versantului, preexistentă declanșării procesului, sau are un aspect quasi-elipsoidal. Mișcări de translație se realizează frecvent în cazul văilor de alunecare, a alunecărilor lenticulare și a celor cu monticuli și valuri. Ele se realizează atunci când, în masa deluvială, acea limită prag (limita inferioară de plasticitate) este depășită și se apropie de cea superioară.Mișcarea se propagă *detrusiv*, în mai toate cazurile.

Alunecările rotaționale se realizează în condițiile în care, în profilul versantului, apare o perturbare, cauzată fie de eroziunea exercitată de un torent sau de un râu la baza versantului, fie de intervențiile, de tipul derocărilor sau excavațiilor, fie de însăși procesul de alunecare, în timpul evoluției dinamice. In cazul în care, dezechilibrul este produs prin eroziune la baza versantului, mișcarea se propagă *regresiv*, fiecare suprafață alunecată constituindu-se, prin zona de desprindere, în dezechilibru potențial pentru aria

BCU "LUCIAN BLAGA" UNIVERSITY LIBRARY

de versant situată în amonte de ea. Extinderea în amonte de dezechilibru are loc până când energia potențială este consumată.

In urma excesului pluviometric din perioada 1969-1972, la toate râurile și afluenții lor, în zona montană și cea deluroasă, s-a constatat, pe anumite sectoare ale cursurilor lor, o adâncire a talvegului, fapt care, implicit, a avut consecințe asupra stabilității versanților. Atunci când pârâul nu a avut energia necesară pentru a transporta, spre aval, materialul introdus în albie prin alunecări de teren sau curgeri noroioase, s-au produs false adânciri ale albiei, prin supraînălțarea malurilor sau reducerea energiei lor, prin umplerea ei cu depozite deluviale. De obicei, aceste tronsoane de vale se succed.

Apariția, în acest ciclu de modelare a versanților, a unor zone de desprindere cu înălțimi mai mari de 2-3 m, a facilitat transmiterea, prin mișcări regresive, rotaționale, a dezechilibrului, pe arii de versant situată în amonte de ele. Energia potențială, pentru efectuarea unor noi mișcări, este direct proporțională cu energia de relief a zonei de desprindere.In acest fel, pe fondul dezechilibrului creat de alunecarea principală, apar alunecările "adventive", mărindu-se arealul de versant afectat de proces.

Starea de instabilitate, apărută în profilul versantului, ca urmare a excavațiilor și derocărilor, este legată, în principal de construcțiile din timpul amenajării hidroenergetice, a arterelor de circulație, a carierelor, etc.

Mișcările de tip rotațional sunt frecvente și pe corpul alunecărilor de mari proporții, în ariile zonelor de desprindere secundare, contribuind la redistribuirea temporară a masei deluviale, aflate deja în mișcare. Astfel, pe fondul unei dinamici de o anumită intensitate, se realizează accelerări ale acesteia, pe timp limitat, însă cu consecințe imediate asupra micromorfologiei. In acest fel, pe corpul alunecării, prin diverse moduri de mișcare și de propagare a ei, a luat naștere fragmentarea mixtă a deluviilor.

BCU ASTRA CENTRALA UNIVERSITARA

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

11. ALUNECARILE DIN ZONELE DE ȚĂRM ALE LACURILOR

După umplerea bazinelor de retenție, albia majoră și partea inferioară a versanților văii, sunt supuse unei noi etape de morfogeneză, total diferită de cea anterioară. Această etapă este coordonată de noua bază de eroziune și denudație, a cărei mobilitate, în timp, constituie factorul principal în evoluția țărmurilor lacurilor. In rândul proceselor care generează o continuă transformare a zonei de țărm a cuvetelor lacustre, având atât activitate de destrucție dar și de acumulare, o pondere importantă dețin alunecările de teren. Acest fapt este argumentat de amploarea mare pe care au căpătat-o reactivările alunecărilor de teren în zona de țărm ale lacurilor Izvoru Muntelui, Stânca-Ștefănești, de pe râul Prut, Pogorza, din valea Dunajek-Polonia, Nehranice-Cehoslovacia, Vajont-Italia, a lacurilor din valea râului Columbia-S.U.A., etc, cât și a urmărilor avute în regimul lor de exploatare. Dacă, în unele cazuri, urmările au fost catastrofale, cu scoaterea lor parțială sau totală (Vajont) din circuitul economic, în cazul lacurilor din valea Bistriței, prin modul în care cuvetele interferează principalele structuri geologice, catastrofele sunt puțin posibile.

Asupra alunecărilor de teren din zona lacului Izvoru Muntelui, primele referiri au fost făcute de *I. Bojoi, 1968*, care precizează că procesul este specific țărmurilor cu înclinări mai mari de 15° și că, el se combină frecvent cu procesul de abraziune lacustră. Ulterior, referiri asupra procesului au fost făcute de *C. Martiniuc și colab., 1970; I. Ichim, V. Surdeanu, 1972-1973; V. Surdeanu, 1975-1982; V. Surdeanu, N. Radoane, 1976; I. Ichim, Maria Radoane, 1978.*

O primă constatare asupra alunecărilor de teren, care afectează zona de țărm a lacului Izvoru Muntelui, este aceea a naturii depozitelor antrenate de mișcare:

- cele mai mari alunecări, care introduc în cuvetă un volum important de deluvii, sunt cele care reprezintă extinderi ale alunecărilor de pe versanți.

- o parte din alunecări afectează depozite de acumulare fluviatilă, de tipul proluviilor, sau a depozitelor aluvio-proluvio-coluviale.

- și, în sfârșit, marea majoritate a alunecărilor care au apărut în cuveta lacului Izvoru Muntelui, antrenează depozite de abraziune lacustră.

Intre evoluția dinamică a alunecărilor de teren din zona de țărm și variațiile de nivel ale lacului există o strânsă legătură. Oscilațiile de nivel asigură exondarea și supunerea la acțiunea erozivo-denudațională agenților externi, a unei suprafețe de țărm, de mărimi variabile, funcție de înclinarea versanților foste văi. Aceste oscilații de nivel au fost, în cazul lacului Izvoru Muntelui, de aproape 33 m, cu un nivel maxim în lunile de vară și unul minim în perioada de iarnă. Prin ele se asigură o variație anuală a umidității depozitelor de pe versanții cuvetei. Pe fondul variației anuale ale nivelului lacului, sunt oscilațiile de nivel zilnice, cauzate de ploi cu caracter torențial sau de regimul de exploatare. Influența acestora, asupra umidității depozitelor, se resimte numai areal și pe mică adâncime.

Raportat la cele patru anotimpuri ale anului, se poate consemna că, primăvara se întâlnesc cele mai mari suprafețe emerse. Acum când, în 50% din numărul de zile ale acestui anotimp, apele lacului sunt cu 10-15 m mai coborâte decât cota maximă, activitatea proceselor denudaționale asupra fâșiei de țărm este cea mai intensă.

Retragerea apelor lacului lipsește cuvertura de depozite de pe versant de rolul de "tampon", pe care-l joacă însăși masa de apă, ducând astfel la accelerarea procesului de alunecare. Variațiile de nivel ale lacului asigură, totodată, o mare mobilitate în conținutul de apă al depozitelor deluviale. In foarte multe cazuri, după retragerea apei, pe versanții cuvetei se deschid pânze freatice, cu caracter local. Acestea asigură, pentru o perioadă de timp, supraumectarea superficială. In lungul țărmului s-a putut face o corelație între

apariția de izvoare și a alunecărilor de teren, uneori cu evoluție în curgeri noroioase.

Datorită variațiilor de nivel există posibilitatea unei acumulări etajate, în cadrul cuvetei, a suspensiilor și a materialului târât, erodate de pe versanți de către torenți și pâraie. In aceste conuri deltaice, la cote minime, pâraiele se adâncesc, formând mici canoane, subminându-le astfel stabilitatea. Slaba lor consolidare, cât și alternanța de argile cu pietrișuri și nisipuri, a facilitat apariția de alunecări rotaționale, care s-au transmis regresiv, până în baza versanților fostei albii, uneori depășind această limită.

In rândul alunecărilor de mare profunzime, care afectează zona de țărm, o primă categorie o reprezintă cele care afectează vechi depozite deluviale, și care, până la apariția lacului se găseau în echilibru morfodinamic.

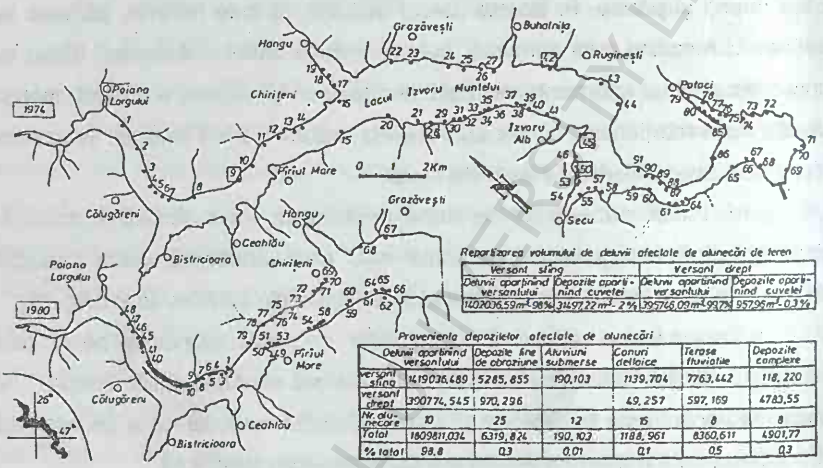
Transmiterea regresivă a mișcărilor se poate extinde și peste cota maximă a lacului. Dinamica lor este subordonată evoluției zonei frontale, iar corpul alunecării este fragmentat în trepte. Datorită evoluției lor și pe versnații situați peste cota maximă a lacului are loc extinderea cuvetei lui.

O altă categorie de alunecări de teren o reprezintă cele, a căror zonă de desprindere se află la 50-200 m altitudine relativă, față de cota maximă a lacului. Zona lor frontală, aflată în cuvetă, are o pantă foarte abruptă, marcând astfel rezistența, opusă la înaintare, de către apă. Din ea, la cote mici, prin mișcări rotaționale, poate avea loc o redistribuire, în cadrul cuvetei, a materialului din corpul deluvial.

Dinamica părții submerse este subordonată, total sau parțial, dinamicii părții de alunecare care evoluează pe versanții văii.

In primii 14 ani de existență, versanții cuvetei lacului Izvoru Muntelui au fost afectați de 91 de alunecări de teren (fig 38). Cartarea alunecărilor de teren din cuveta lacului a fost posibilă la cote minime, în anii 1975, 1976 și 1980. Dacă în anii 1975 și 1976 cartările s-au efectuat pe tot perimetrul cuvetei, în anul 1980 ele s-au desfășurat numai în extremitatea din amonte (Grozăvești-Poiana Teiului).

Pentru prima etapă de măsurători, s-a constatat că alunecările ocupau o suprafață de aproximativ 42 ha *(V. Surdeanu, 1975)*. Volumul de material transportat sau redistribuit în cuvetă, prin alunecări de teren, a fost, pentru primii 14 ani de existență a lacului, de 1,6 milioane m^3.



Reparizarea volumului de deluvii afectate de alunecări de teren

Versanți stâng		Versanți drept	
Deluvii aparținând versantului	Depozite aparținând cuvetei	Deluvii aparținând versantului	Depozite aparținând cuvetei
1420206,59 m^3 - 98%	31457,22 m^3 - 2%	395748,09 m^3 - 99,7%	957,95 m^3 - 0,3%

Proveniența depozitelor afectate de alunecări

	Deluvii aparținând versantului	Depozite fine de obrâzuire	Aluviuni submerse	Conuri deltaice	Terase fluviatile	Depozite complexe
versanți stâng	1419036,489	5285, 855	190,103	1139,704	7763,442	118, 220
versanți drept	390774, 545	970, 296		49, 257	597, 169	4783,55
Nr. alunecări	10	25	12	15	8	8
Total	1809811,034	6319, 824	190, 103	1188, 961	8360,611	4901,77
% total	98,8	0,3	0,01	0,1	0,5	0,3

Fig. 38. Amplasarea alunecărilor de teren care afectează cuveta lacului Izvoru Muntelui

Reestimarea acestuia, în 1980, a evidențiat următoarele:

- pentru sectorul de cuvetă, situat între Grozăvești și Poiana Teiului, numărul de alunecări active a crescut de la 20 la 79. Această creștere, credem noi, se poate datora faptului că, spre deosebire de perioada 1961-1975, când apele lacului au avut o tendință de creștere, până la cota de 513 m, în perioada 1976-1980, cotele lacului s-au menținut, în medie, în jur de 500 m. Coborârea nivelului lacului a avut ca efect creșterea eroziunii torențiale în sedimentele și în depozitele de versant, din cuvetă și, drept urmare, declanșarea alunecărilor;

BCU IAȘI CENTRALĂ - BIBLIOTECA

- pentru jumătatea din amonte a cuvetei lacului, volumul total de deluvii, introdus sau redistribuit, a depășit 1,83 milioane m^3;

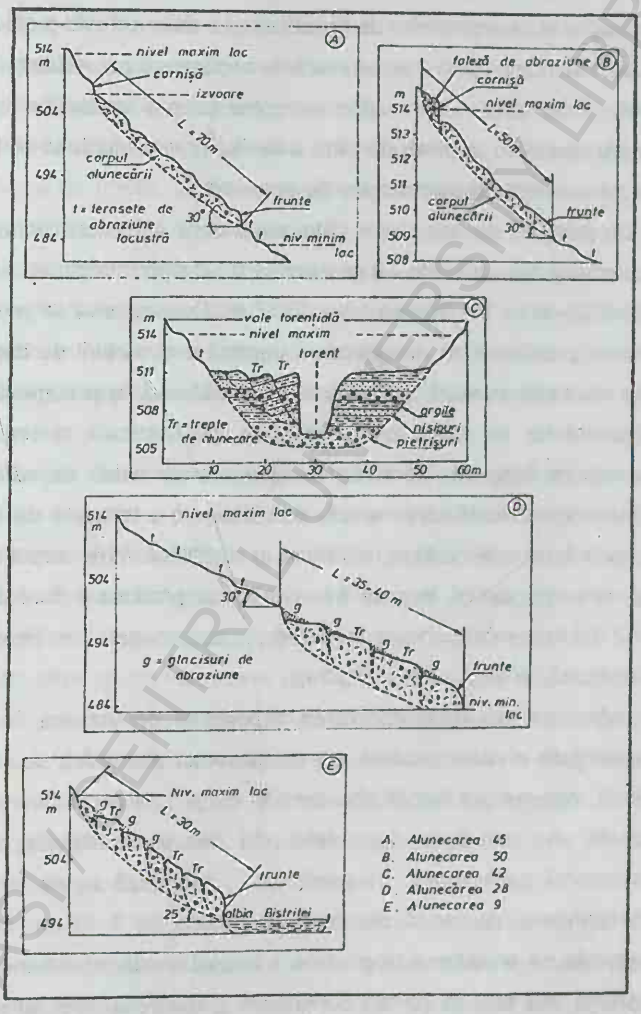


Fig. 39. Tipuri morfologice de alunecări de teren care afectează versanții cuvetei lacului Izvoru Muntelui

BCU IAȘI CENTRUL UNIVERSITAR LIBRARY
B.C.U. IAȘI
GEOLOGIE-GEOGRAFIE

- din volumul total, aproximativ 98,8% reprezintă depozite transferate direct de pe versanți în cuvetă și numai 1,2% reprezintă redistribuirea, în cadrul ei, a depozitelor de abraziune și a celor coluvio-proluviale;
- cel mai mare aport îl au alunecările declanșate pe versantul stâng al văii, acolo unde, intervențiile antropice asupra versanților a fost de mare amploare. In zona de țărm a lacului Izvoru Muntelui se întâlnesc următoarele tipuri morfologice de alunecări:
- un prim tip de alunecare este acela care afectează depozitele de abraziune lacustră. Ele au grosimi de 0,5-1,0 m. Lungimea lor variază între 20-40 m, iar lățimea între 10-15 m. Declanșarea se produce, de obicei primăvara, la dezghețarea treptată a cuverturii de depozite de pe versanții cuvetei, sau când se realizează supraumectarea lor. Datorită lor se produce o deranjare, pe verticală, a teraselor de abraziune lacustră. Vectorii de deplasare au valori de câțiva metri. Fruntea alunecării cantonează, de obicei, pe o terasetă de abraziune lacustră, cu o dezvoltare mai mare în suprafață. Intre corpul alunecării și versanții cuvetei, în profil transversal, se produce o denivelare între 0,2-0,3 m, pentru partea superioară , în sens negativ, iar pentru partea inferioară, în sens pozitiv. (fig 39);
- când are loc supraumectarea depozitelor de versant, în imediata vecinătate a cotei maxime, se declanșează alunecări, sub formă de limbi, care se pot transforma ușor în curgeri de noroi. Antrenarea, în unele din cazuri, a depozitelor din faleze, facilitează extinderea alunecării pe versant. In acest caz , în faleză apare o zonă de desprindere, de formă circulară, cu înălțimi de 1-1,5 m. In aval de aceasta se produce o degradare a terasetelor de abraziune lacustră, vizibilă mai ales în partea superioară și medie a corpului alunecării. Partea frontală, sub forma unui con deluvial, are înălțimi de 0,5-1 m. Acest tip morfologic de alunecare, asemănător cu cel descris anterior,

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

afectează, pe lângă depozitele fine și depozite deluviale de pe versanți;

- legat de ritmicitatea variațiilor de nivel ale lacului, în fostele văi ale torenților și pâraielor, s-au depus cantități însemnate de depozite (conuri deltaice). Aceste acumulări, în perioadele de emersie, sunt redistribuite în cadrul cuvetei, prin alunecări de teren, rotaționale, sub formă de trepte. Declanșarea acestora este favorizată de ritmicitatea granulometrică a acestor depozite. Alimentarea spasmodică a corpului alunecării, intervenția apei asupra nisipurilor fine și mijlocii, au făcut ca procesul de tasare să fie diferențiat, astfel că, între două trepte mai înalte poate apărea o treaptă mai joasă. Vectorul de deplasare este direcționat către albia torentului, adâncită în perioada de exondare. Treptele sunt disecate de crăpături de tracțiune, care, după o nouă perioadă de imersie, vor fi astupate. Același fenomen se întâmplă, după exondări și inundări repetate, și la denivelările dintre trepte, prin formarea, în faza inițială, a unor mici glacisuri. Lungimea unor astfel de alunecări variază între 15-30 m, în funcție de lărgimea văii torențiale, iar lățimea este de ordinul zecilor de metri și chiar mai mult;

- un ultim tip de alunecare, din cuveta lacului, cu morfologie în trepte, se produce în depozite deluviale a căror echilibru este deranjat prin subminarea bazei versantului, mai ales acolo unde albia Bistriței este în vecinătatea lui. Sunt afectate depozitele de versant cu matricea bogată în fracțiune fină. Zonele de desprindere au forme circulare, mai rar liniare.Înălțimea lor variază între 1-1,5 m. Fruntea alunecării are înălțime de 1,0-3,0 m. Lungimea, cât și lățimea lor, au un ecart mai mare de variație. Spre deosebire de alunecările în trepte, produse în conuri deltaice, treptele acestora sunt cu înclinare conformă cu cea a versantului pe care evoluează. Și-n acest caz, denivelările dintre trepte sunt estompate de micile glacisuri formate la baza versantului sau chiar pe corpul alunecării, datorită abraziunii.

BCU "ALEXANDRU IOAN CUZA" IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Trecerea la alunecările care afectează versanții văii, de mare suprafață și adâncime, se face, în multe cazuri, prin transmiterea regresivă, a dezechilibrului din cuveta lacului. La acestea se pot separa două zone:

-zona cu evoluție subaeriană pe tot parcursul anului, cu fragmentare puternică a corpului deluvial;

-zona supusă inundării și exondării repetate. Aici, doar morfologia majoră (abrupturi laterale și aria fontală) este bine păstrată, celelalte fiind estompate, ca în cazurile precedente. Datorită mișcărilor de alunecare, produse rotațional din frunte, se produce o "franjurare" a ei. Se crează astfel, condiții de evoluție în lanț a procesului, tendința fiind aceea de nivelare a condițiilor existente anterior.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

12. MORFOLOGIA ZONELOR DE DESPRINDERE SI A MARTORILOR DE REZISTENTA

In evoluția dinamică a alunecărilor de teren, în peisaj apar, pe lângă formele de acumulare deluvială, formele sculpturale, de destrucție. Delimitarea între aceste două categorii majore de forme de alunecare, are totuși un caracter provizoriu, atunci când ea este făcută în faza de evoluție dinamică, știut fiind că, între ele, se realizează procesul de intercondiționare, de reglaj de masă și energie. Făcută însă când faza dinamică a încetat și alunecarea a intrat în echilibru morfodinamic, această delimitare este foarte utilă practicienilor, în aprecierea daunelor produse de alunecare și proiectarea obiectivelor propuse pentru stabilizarea și reintegrarea zonei afectate în circuitul economic.

In cadrul formelor de destrucție se separă, pe harta alunecărilor de teren, ***zonele de desprindere*** ale maselor deluviale, indicându-se natura materialului din care sunt constituite, înălțimea lor, gradul de înclinare și starea lor de degradare. Pentru zonele de desprindere se face delimitarea între cele dezvoltate pe roca în loc, când procesul a antrenat în mișcare și substratul, și cele care s-au dezvoltat numai în depozite deluviale sau deluvio-proluvio-aluvio-coluviale.

Funcție de starea lor, în cadrul zonelor de desprindere, se fac precizări asupra celor stabilizate, aflate în stadiu avansat de degradare și, cele active, aflate sub influența dinamicii procesului.

Zonele de desprindere, pe roca în loc, stabilizate, puternic degradate, pot rămâne în morfologia versanților doar cu câte un flanc. Cele mai bine păstrate sunt cele care au apărut pe un substrat, în care sunt frecvente alternanțele de entități litologice cu grade diferite de duritate. Apariția lor este legată de un ciclu de modelare a versanților, în care s-au declanșat alunecări de mare amploare (probabil pleistocen, începutul holocenului).

BCU IAȘI CENTRUL UNIVERSITAR LIBRARY

Tot pe roca în loc, dar pe strate predominant argiloase, argilo-marnoase și șistoase, zonele de desprindere sunt mai puțin vizibile în relief, păstrarea lor, pe o perioadă mai mare de timp, nefiind posibilă. Zonele de desprindere sunt parțial înhumate în produse de dezagregare, transportate prin fenomenul de rock creep. Sub aspectul energiei lor de relief, sunt frecvente cele cu înălțimi cuprinse între 5-20 m. Sunt rare cazurile când, înălțimile lor depășesc 50-60 m (doar în cazul glimeelor).

Zonele de desprindere formate în deluvii, foarte rar fixate, constituie un indiciu sigur al evoluției dinamice recente. Slaba rezistență a deluviilor la procesele denudaționale, a făcut imposibilă păstrarea celor vechi în peisaj. Cele cu înălțimi mai mari de 2 m, sunt specifice arealelor cu prodominare a deluviilor cu un procent ridicat de matrice argiloasă. Deși, la declanșarea procesului, înălțimile lor pot fi mult mai mari, în etapa actuală ele sunt estompate prin procese de alunecare cu caracter rotațional sau de alte procese denudaționale. Frecvența mare, în zona Bistriței, a zonelor de desprindere cu înălțimi sub 2 m, la alunecările active, reprezintă extinderea spre cumpănă a vechilor dezechilibre apărute în cicluri de alunecare anterioare. In toate cazurile zonelor de desprindere dezvoltate în deluvii, alura lor este circulară, uneori franjurată. Acest fapt se explică prin aceea că, ele urmăresc cu fidelitate morfologia versantului, preexistentă procesului, în mare parte, creație tot a alunecărilor de teren. La văile de alunecare, în special, zonele de desprindere se pot continua înspre aval, pe lateralele alunecării, cu diminuarea treptată a înălțimii lor, fiind adevărate "oglinzi de frictiune", între partea mobilă și cea stabilă.

O altă formă de destrucție o constituie ***crăpăturile***, ce apar, fie pe corpul alunecării, fie în imediata lui vecinătate. La geneza lor au concurat forțele de tracțiune, în imediata vecinătate a zonelor de desprindere, și cele de strivire, în ariile de acumulare deluvială. Forma lor, atât în sens longitudinal cât și transversal, pe corpul alunecării, este foarte diferită. Frecvența lor crește pe alunecările care antrenează în mișcare deluvii, în care, fracțiunea grosieră și nisipoasă predomină. Prezența lor, marchează ruperile de pantă din profilul

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

versantului. Unele din crăpăturile transversale pot evolua spre zone de desprindere secundare care, pentru un timp, vor subordona dinamica unui areal din alunecare. Crăpăturile sunt foarte frecvente în cazul alunecărilor active, având, în medie, lărgimi de ordinul centimetrilor până la 30-50 cm și diferențe de nivel, între părțile corpului de alunecare, de 0,5-1,0 m. Existența lor este de scurtă durată, fiind forma de destrucție cu cea mai mare mobilitate. Unii cercetători au încercat să stabilească dinamica alunecărilor de teren pe baza cartărilor repetate asupra acestor crăpături apărute pe corpul deluvial (Maria Pulinova, 1976). Metoda a fost experimentată și de noi în cazul unor alunecări, fără însă a obține rezultate mulțumitoare, în comparație cu celelalte. Singurul indiciu asupra dinamicii este acela al continuei lor schimbări, atât în spațiu cât și în timp.

Prin crăpăturile apărute pe corpul alunecării, însă, se poate mări suprafața de interacțiune dintre apele pluviale și deluviu. Chiar dacă, la scurt timp după apariție, sunt umplute de material de destrucție, ele facilitează infiltrația și circulația necontrolată a apei.

Datorită mișcărilor de alunecare, pe versanți, s-au delimitat ***martori de rezistență de tipul "picioarelor de munte", bâtci și înșeuări.*** Despre existența "picioarelor" (pintenilor) de alunecare cât și a bâtcilor, ca martori de rezistență, referiri au fost făcute de *I. Donisă, 1968, V. Băcăuanu, 1968, I.Hârjoaba, 1968, I. Ichim, V. Surdeanu, 1972-1973, V. Surdeanu, 1975, I.Mac,1980.* Marea lor majoritate sunt expresie a rezistenței diferite a entităților litologice sau deluviilor stabilizate, opuse mișcării. Prezența lor a fost pusă în evidență și în deluvii, dar existența lor în relief este de scurtă durată.

Luând în considerare evoluția actuală a unor alunecări din vecinătatea interfluviilor, din zona montană, credem că, la apariția formelor de relief de tip bâtcă și a înșeuărilor, un rol hotărâtor l-au avut alunecările de teren. In detașarea lor în relief, se evidențiază două etape (fig 40):

BCU IAȘI / CETATEA UNIVERSITARĂ LIBRARY

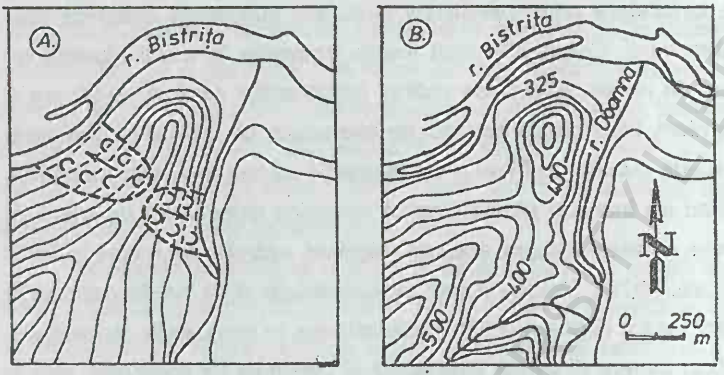


Fig. 40. Detașarea bâtcilor prin alunecări de teren.
*-faza de umăr structuralo-sculptural **A***
*-faza de bâtcă **B***

In primă fază de evoluție, pe versanți, prin eroziune fluviatilă, s-au detașat umeri structuralo-sculpturali. Pentru valea Bistriței, unde aceste forme de relief sunt caracteristice, această detașare a avut loc în prepliocenul mediu, atunci când s-au detașat și terasele medii și înalte ale râului. In a doua faza, s-au detașat bâtcile. Procesul care a avut un rol hotărâtor în detașarea acestora au fost alunecările de teren, care au afectat zona interfluvială, pe ambii versanți. Apariția procesului a fost facilitată de existența unor benzi de roci moi, argile, marno-argile sau șisturi argiloase, încadrate de roci mai dure.

De existența acestor benzi de roci moi este legată și apariția înșeuărilor, numai că, procesul poate afecta doar o singură față a interfluviului. Modelarea lor ulterioară, prin procese denudaționale, a făcut ca, mărturiile detașării lor prin alunecări de teren (zone de desprindere) să fie distruse.

Nici în evoluția zonei de confluență a pârâului Cuejdiu cu râul Bistrița, ce a dus la detașarea masivului Pietricica de Cozla, alunecările de teren nu trebuie neglijate, ele putând conlucra, în diverse etape, la formarea defileului.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

13. PREVENIREA SI COMBATEREA ALUNECARILOR DE TEREN

Una din problemele, foarte disputate în ceea ce privește procesul de alunecare, este aceea de prevenire a lui, sau, în cazul în care dezastrul a fost deja produs, cea a combaterii. Soluțiile expuse în diverse tratate vin să marcheze experiența câștigată de specialiști de-a lungul anilor. S-au elaborat, în acest sens, foarte multe păreri și experiențe, pe care le vom grupa în două mari direcții de abordare:

- o rezolvare naturalistă a problemei, în sensul că accentul se pune pe factorii de evoluție a versanților, urmărindu-se eliminarea cauzelor care au stat și au avut ca efect procesul;

- o rezolvare tehnică, ce urmărește, prin construcții de artă, să înlăture efectul, ținându-se cont, în plan secund, de cele mai multe ori, de condițiile complexe în care evoluează procesul.

In ultimul timp, plecându-se de la premisa că nu există o metodă care, aplicată în oricare din situații, să ducă la combaterea definitivă a procesului și nici măcar la prevenirea lui, s-a căutat ca, la abordarea acestor aspecte, privind alunecările de teren, spectrul specialiștilor care participă să fie cât mai larg. Astfel, se va avea în vedere nu numai procesul, ca atare, și daunele produse de el, ci și întregul complex în care s-au creat condițiile favorabile apariției lui.

Așa cum specificau *Dorothy Randruch-Hall și D.J. Varnes, 1976,* pentru a cunoaște și prevedea, în primul rând, cauzele și efectele alunecărilor de teren și a mișcărilor în masă, în general, este necesară studierea, la scară regională, la nivelul unor ani particulari și studii în laborator. Altfel spus, autorii încearcă o tratare activă a problemei dificile a alunecărilor de teren și a celorlalte procese de mișcare în masă.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

M.A. Carson, și Kirkby 1976, remarcă faptul că, schimbările de scurtă durată sunt adesea un punct de plecare pentru producerea bruscă a mișcărilor, eficacitatea geomorfologică a acestora este însă, foarte serios controlată de acele schimbări lente, dar care se cumulează pe timp îndelungat.

Orice acțiune de prevenire și combatere a procesului de alunecare trebuie făcută însă și într-o deplină cunoaștere a propietăților fizice și mecanice ale depozitelor afectate de el. Subestimarea acestui aspect s-a întâlnit frecvent la cercetătorii care au căutat să rezolve problema pur naturalistic, iar supraestimarea, la cei ce o rezolvă pur tehnic. Nu sunt indiferente, într-o rezolvare cu fiabilitate ridicată, gradul de umiditate al depozitelor afectate, limitele între care masa deluvială se află în domeniul evoluției plastice, unghiul de frecare internă, gradul de încărcare pe care-l poate suporta un deluviu aflat în stadiu de echilibru morfodinamic, permeabilitatea și presiunea apei din pori, etc.

Intre aceste proprietăți și condițiile de geneză a procesului de alunecare există o strânsă interdependență, ele comandând și evoluția dinamică a lui. Reducerea problemei stabilității versantului sau a reintegrării în circuitul economic a suprafețelor afectate de proces, la unul sau la altul din aceste aspecte, face ca soluțiile propuse, oricât de judicios ar fi alese, să fie ineficiente. Totodată, nu trebuie uitat faptul că, omul, prin acțiunile întreprinse, guvernate în marea majoritate a lor, de rațiuni economice, să fie cel care produce destabilizarea maselor deluviale. Reacția naturii la întreprinderile umane sunt neprevizibile și foarte greu de stăpânit. In acest context s-a afirmat că, dacă producerea procesului, în evoluția naturală a versantului, este greu de prevăzut, riscul legat de activitatea omului poate fi presimțit, dacă nu prevăzut exact (*P. Antoine și colab., 1971).*

In toate încercările de a se găsi soluții, pentru prevenirea și combaterea alunecărilor de teren, se constată căutarea evidențierii faptului că, a preveni producerea procesului este cel mai puțin costisitor și cu cea mai mare eficiență economică. Neluarea în calcul a unor indicii geomorfologici, în

cazul unor lucrări de execuție și întreținere la rețeaua de căi de comunicație, au făcut ca, prin supradimensionarea unor lucrări de artă, să se mărească de fapt supraîncărcarea versantului, iar investițiile să fie an de an suplimentate.

Inainte de a se amplasa o lucrare pe suprafața unui versant trebuie să răspundem la câteva întrebări, care sunt legate de paleoevoluția lui, de amploarea pe care un proces sau altul a cunoscut-o în decursul timpului, de stadiul lor de evoluție.

Găsim foarte plastică afirmația că "proiectantul trebuie să cadă de acord cu terenul" *(P. Antoine și colab., 1971)*, și prin ea înțelegem necesitatea unei abordări globale, în sensul elaborării unor studii cu participare interdisciplinară. Problema elaborării unor asemenea studii are deja o tradiție. La noi în țară, colectivul I.C.H. București a fundamentat o metodologie de investigare a alunecărilor de teren încă din 1974, an în care problema era pusă în discuție și de M. Pecs și A. Juhas, în Ungaria. In accepția acestora, colaborarea dintre geomorfologi și ingineri, în vederea prevenirii alunecărilor de teren, trebuie să se materializeze în elaborarea unor studii care să cuprindă particularitățile geografice și geomorfologice, generale și speciale, ale zonelor în care apare procesul; formațiunile de versant afectate de el; istoricul paleogeografic al zonei, factorii de natură tectonică, litologică, climatică, hidrogeologică ce acționează asupra stabilității versanților; starea de echilibru dinamic sau de activitate dinamică; delimitarea alunecărilor fosile (îngropate) și recente, reconstituirea dinamicii primelor. După realizarea acestor investigații, inginerul poate decide dacă o investiție trebuie să evite zonele expuse riscului sau lucrările trebuie adaptate la condițiile particulare ale acestora.

Un exemplu de înțelegere și de aplicare corectă, cu rezultate deosebite, îl constituie introducerea în circuitul agricol a unei însemnate suprafețe de terenuri degradate prin alunecări de teren din Podișul Central Moldovenesc *(A. Popa și colab., 1984)* sau, în fondul forestier, a acelora din bazinele Milcov și Câlnău, din Subcarpații Curburii *(E. Untaru, 1979)*, prin

supunerea lor unui întreg complex de lucrări de prevenire și combatere a procesului, prin amenajări fitoameliorative. Desăvârșirea acțiunii de stabilizare, efectuată în timp, a avut ca rezultat, în ambele cazuri citate, restaurarea treptată a fertilității solului, cu cheltuieli mici în raport cu alte întreprinderi pur tehnice.

In acest context general, ne-am axat și noi preocupările, prin studiile noastre geografice, și-n mod special geomorfologice, să venim în întâmpinarea inginerilor proiectanți, astfel încât măsurile ce trebuiesc luate, ca și prin lucrările executate pe versanții, să prevină sau să diminueze pagubele produse.

Un prim studiu geografic complex, asupra stabilității versanților, cu exemplificări în valea Bistriței, a fost întreprins în anul 1971 de către C.Martiniuc și colab., cu scopul de a delimita areale cu diferite grade de stabilitate, adecvate anumitor activități economice, conservând însă echilibrul geohidromorfologic, care deja, în unele zone, necesită măsuri de ameliorare.

In ultima vreme, la nivel mondial, și-au făcut apariția tot mai des hărți geomorfologice speciale, a căror menire este de a prevedea procesele de mișcare în masă. Fie că se numesc hărți de risc (Franța), harti de hazard (S.U.A.) sau alte denumiri, acest tip de hartă geomorfologică specială reprezintă o sinteză a proceselor de mișcare în masă și a formelor pe care le generează ele.

La baza întocmirii acestui tip de hartă trebuie să stea analiza detaliată a proceselor de alunecare și a interdependenței lor cu alte procese denudaționale. Prin coroborarea tuturor investigațiilor se obține acea prognoză, care se va aplica în studiile de proiectare.

Detalierea legendei hărților de risc natural, legat de procese de mișcare în masă, a fost făcută, în majoritatea cazurilor, funcție de comanda socială sub care au fost executate. Deși au apărut relativ recent (deceniul al VIII-lea al secolului nostru), tentative de elaborare a unor astfel de hărți au existat și înainte. Amintim în acest sens hărțile elaborate de *C. Martiniuc,1954 și C. Martiniuc și V. Băcăanu, 1961*, pentru Podișul Moldovei.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In Franța a fost elaborat un program special, Z.E.R.M.O.S.,coordonat de un organism de stat și B.R.G.M. Metodologia întocmirii acestui gen de hărți a fost pusă la punct de *M. Chazan,1973 și M. Humbert, 1977.*

O primă încercare de previziune a evoluției suprafețelor cu alunecări de teren a fost făcută în S.U.A. de *Jones și colab., 1961.* Folosind raportul dintre lungimea, redusă la orinzotală , a alunecării (Hc) și diferența de nivel dintre zona de desprindere și zona frontală (Vc), acești autori realizează prognoza stabilității versanților râului Columbia. Formula de prognoză este:

$$y=0,6328+0,2460\ X_1 - 1,4121\ X_2 + 7,5583\ X_3 + 1,0338\ X_4 + 0,4015\ X_5$$

în care:

y = logaritmul relației Hc/Vc

$x_1 ... x_5$ = indici valorici în funcție de panta de evoluție, apa freatică, relația existentă între alunecare și un bazin lacustru, materialul afectat de alunecare.

Sub egida Departamentului de Interne și a Institutului Geologic, în anul 1976, *Dorothy Radbruch-Hall și colab.*, au elaborat o primă sinteză asupra hazardului natural legat de procese de mișcare în masă, iar în anul 1982, același colectiv a realizat o hartă a alunecărilor de teren posibile sau produse, pentru marile subdiviziuni teritoriale ale Statelor Unite.

Hărți speciale, vizând riscul natural legat de procesele de mișcare în masă, au fost elaborate în Ungaria *(M. Pecs, A. Juhasz, 1974),* Elveția *(H.Kienholtz, 1977, C. Bonnard și colab.,1990), R.F.G. (K. Bunza, 1974),* Cehoslovacia *(J. Rybar și colab., 1965, J. Pasek și colab., 1977). In* Italia, *Carrara și colab., 1982,* au inițiat programul INSTAB, o variantă a programului francez ZERMOS, vizând prognozarea suprafețelor cu alunecări.

Un model mai nou este propus de *M. Panizza, 1994,* în cadrul Comisiei Europene (Science, Research, Development) și la Simpozionul

BCU "CAROL I" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Geomorphology and Enviromental Impact Assessment, privind elaborarea unei metodologii de cercetare în geomorfologie cu scopul evaluării impactului environmental (fig. 42).

De la început trebuie să arătăm că intenția autorilor este de a elabora o metodă standard pentru evaluarea unor parametri indicatori - criterii praguri, proceduri care să urmărească, pe cât posibil aspectul cantitativ, incluzând "cuantificarea" aspectelor calitative. In urma aplicării unei metodologii avansate, autorul speră ca fiecare investigator să obțină rezultate comparabile.

Se pleacă de la ideea că procesele geomorfologice sunt cele care generează riscuri și că orice întreprindere umană vizând construirea, funcționare și abandonarea unui obiectiv poate conduce la "deranjarea" echilibrului geomorfologic, formei de relief creindui-se o vulnerabilitate la risc.

Procesele de alunecare pot fi considerate riscuri pentru proiect (șosea de exemplu sau baraje, etc) având un rol activ, pe când receptorul, rol pasiv.

Metodologia de studiu, propusă de autor, pleacă de la tipul proiectului, faza de investigare, executarea de hărți, determinarea de indicatori, evaluarea hazardelor și formelor de relief, evaluarea impactului.

Faza de investigație nu se oprește numai la realizarea proiectului de amplasare, geomorfologul fiind prezent și-n fazele de construcție a obiectivului, de funcționare a lui, mergând până la urmărirea impactului propus de abandonarea proiectului. (fig. 41)

Metodologia propusă o găsim sugestivă, știut fiind că riscul poate să apară în toate cele trei etape. In acest context, geomorfologul este prezent prin realizarea unui set de hărți, pe care autorul le împarte în hărți de bază (hărți geomorfologice, hărți geotehnice, hărți hidrogeologice) și hărți derivate (harta riscului, harta formelor de relief, a materialelor utile).

In realizarea acestui set de hărți se pleacă de la o inventariere a ceea ce există, a investigațiilor făcute, care oferă o sumă de informații, cuprinsă într-o bază de date.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentru harta riscului geomorfologic este necesar să se opereze mai întîi separat și apoi în comparație cu cauzele instabilităților (în contextul natural și al activităților umane), iar pe de altă parte cu efectele intabilității (istoricul și dinamica procesului /proceselor geomorfologice).

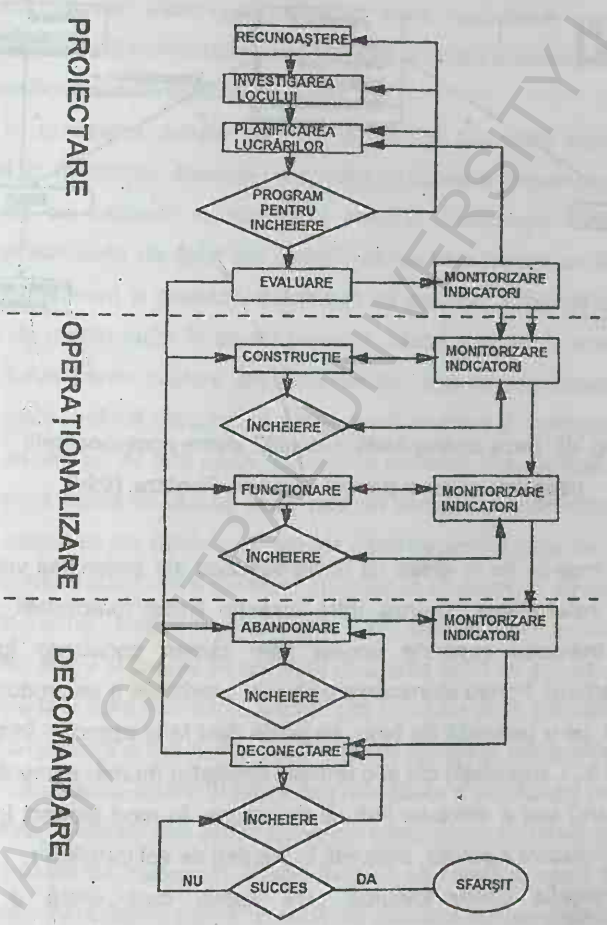


Fig.41. Scenariul propus de Brunsen în elaborarea unor studii de risc (după M. Panizza, 1994)

BCU IAȘI / CENTRUL UNIVERSITY LIBRARY

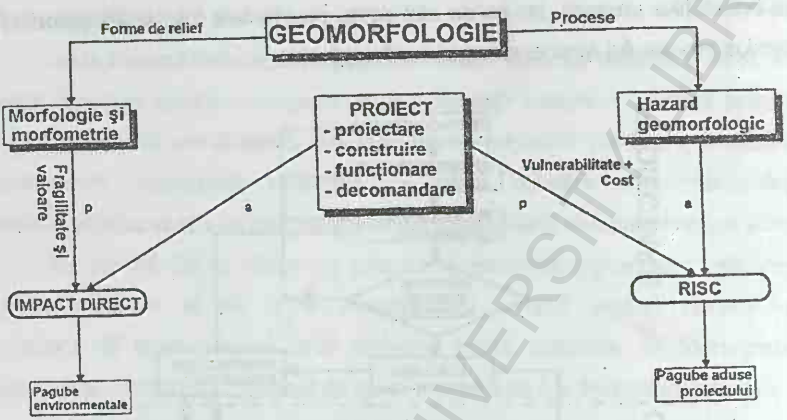


Fig. 42. Baza conceptuală a relațiilor dintre componentele geomorfologice și proiect (după M. Panizza,1994)

Plecându-se de la ideea că unele variabile ale sistemului versant, ce favorizează instabilitatea, variază între anumite limite (precipitații, grad de umectare), trebuiesc separate acelea care rămân constante (gravitația, litologia, structura). Pentru alunecările de teren, previzibile a se produce într-un anumit areal, pe o perioadă de timp, se poate deci face aprecieri în parametri morfometrici (L, l, suprafață) cât și-n termeni cantitativi (număr alunecări, volum pus în mișcare) sau a efectelor induse de proces, în mod indirect (pierderea capacității productive a solului, estimată în pierderi de sol tone/km^2).

Investigația geomorfologică este aceea care oferă o imagine integratoare a proceselor și formelor, a posibilității apariției de instabilități, printr-o transpunere a analizei trecutului în prezent și predicție în viitor. Trecutul ne oferă înțelegerea magnitudinii, frecvenței și impactului pe care procesul

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

(alunecare de teren) îl are în stabilitatea sistemului versant. Studiul comparativ asupra formelor, considerate ca cele mai expresive dar și ca suport al activităților socio-umane, trebuie să fie făcut într-o accepțiune integratoare, știut fiind că ele sunt dovezi ale paleoevoluției, că reprezintă un unicat, care se integrează într-un sistem al reliefului care evoluează separat dar și intercondiționat, că reprezintă o componentă de bază a ecosistemelor și că pe ele se desfășoară activitățile umane. (fig. 43)

In realizarea setului de hărți o atenție deosebită trebuie acordată tipologiei lor (generale, speciale) și funcție de aceasta trebuie aleasă legenda, o "oglindă de valoare" a interesului științific. Selectarea variabilelor, care constituie elemente de fond ale cartării, se va face funcție de fiecare caz în parte (environment și proiect). Importanța lor permite atribuirea unei valori pe unitatea de mediu luată în studiu (versant, alunecare), și, în același timp, ne permite evidențierea acelora specifice riscului, față de cele generale. Acestea pot fi grupate în două categorii mai largi: morfometrice și morfografice, pe de o parte și de risc pe de altă parte. Evaluarea riscurilor trebuie făcută urmărindu-se o schemă logică ce pleacă de la estimări cantitative (măsurători, analize) și duce la stabilirea de modele și calcule (geomecanice) care ne vor conduce spre o abordare statistică a efectelor (ciclicitatea alunecărilor de teren).

In urma evaluării impactului, cu specificarea modului în care elementele active și pasive se continuă în diferite tipuri de impact, se vor stabili modalitățile prin care activitățile umane pot conduce la un risc direct sau cum, în timpul amplasării și funcționării lor, se poate ajunge la riscuri induse.

Riscul direct apare în imediata proximitate a subiectului (exp. o șosea, o cale ferată în construcție poate declanșa o alunecare de teren, ceea ce pune în pericol calea de transport). Riscul indirect se referă la spații mai largi, pe care calea rutieră "amorsează" o serie de procese erozivo-denudaționale, ce pun în pericol nu numai stabilitatea versanților, dar și a vieții locuitorilor din zonă. De aici se plecă spre o bază de date, spre elaborarea unui program GIS,

BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

cu scopul de a se diminua pagubele, și cel mai eficace, de a se preveni asemenea pagube.

La noi în țară, în afară de preocupările menționate anterior putem semnala și alte contribuții (I.C.H. București cu programe coordonate de *R.J. Bally, 1975 și E. Zaharescu și* colab., *1977; C. Martiniuc, V. Surdeanu, 1982, V. Surdeanu, 1985*) care au elaborat astfel de hărți de risc natural legat de procese de mișcare în masă.

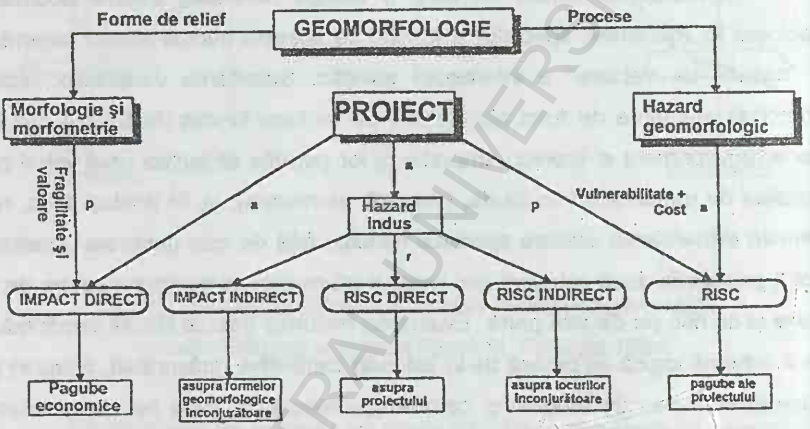


Fig. 43. Schemă conceptuală și metodologică a rolului geomorfologiei (forme de relief și procese) pentru Evaluarea Impactului Ambiental al unui proiect (după M.Panizza, 1994)

Una din problemele majore pe care o pune realizarea unor astfel de hărți este aceea a creării unei bănci de date. In acest scop, au fost elaborate fișe de inventariere a procesului. O primă fișă a fost întocmită de *F.O. Jones și colab., 1961,* model preluat și la noi de colectivul de la I.C.H. București coordonat de *E. Zaharescu.*

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In Franța, în cadrul programului ZERMOS, a fost elaborată o fișă de către *Malatrait și colab., 1977*, iar în Italia a fost realizată una asemănătoare, în cadrul programului INSTAB, de către *Carrara și colab., 1982.*

Deși aparent simple, aceste fișe devin greu de manipulat, datorită chestionarelor încărcate (36 de puncte la cea elaborată în Franța).

In anii 1982-1984, am elaborat și noi o fișă, care cuprinde trei mari capitole:

-Identificarea zonei;

-Cadrul geografic, geologic și hidrogeologic;

-Descrierea alunecării.

Fiecare din aceste capitole mari sunt astfel detaliate încât, volumul de informații să cuprindă toate elementele necesare descrierii zonei, a paleoevoluției ei, a cauzelor care au declanșat sau pot favoriza apariția procesului de alunecare, a morfologiei versantului, înainte și după declanșarea procesului. Datele necesare completării fișei pot fi ușor de colectat din lucrările publicate, din analize de laborator efectuate în zonă, sau, prin extrapolare, în zonele învecinate. (fig .44)

Datele de morfometrie a alunecărilor nu necesită o aparatură complexă. Inventarierea alunecărilor de teren se va face cu specificarea clară a stadiului de evoluție dinamică, a stării fizice a corpului alunecării și a zonelor de desprindere, principale și a celor secundare. Trebuie să semnalăm faptul că, în cazul în care alunecarea se află la începutul evoluției dinamice, este necesară revenirea și completarea fișei și-n faza de echilibru morfodinamic.

In raport cu celelalte fișe de inventariere, cea propusă de noi este ușor de completat și corespunde întrutotul cerințelor practice. Ea pune la dispoziție proiectanților date morfometrice și morfologice suficiente asupra întregului versant, dar și a procesului însăși, ca și asupra legăturii dintre alunecări și celelalte procese denudaționale, care pot concura la extinderea daunelor.

BCU "CAROL I" UNIVERSITY LIBRARY

Fișa de inventariere va fi însoțită, ca de altfel toate fișele dintr-o zonă, de o schiță de hartă, unde se va arăta poziția spațială a alunecărilor luate în studiu (fig. 45).

FIȘA ALUNECĂRII

I. IDENTIFICARE : Nr. ..... an declanșare ..... foaie topo .....
Sc. ..... bazin hidrografic ..... versant .....
foto .....

II. CADRUL GEOGRAFIC, GEOLOGIC, HIDROGEOLOGIC:
A. Pantă versant: inițială ..... după alunecare ..... expoziție .....
energie de relief ..... morfologie preexistentă .....
utilizare teren .....eroziune în suprafață .....
Modelare versant prin: ogașe .....zona .....L .....l .....h .....ravene.....
L.....l.....h..... râu.....zona .....L.....l.....h.....material
evacuat .....
B. Date climă: T_m .....T_{max} .....T_{min} .....primul îngheț.....
$T_m \geq 0°$ .....P_{mm} .....$P \geq 5$ mm/h .....
C. Substrat geologic .....
.....
.....
.....
alterare .....
Formațiuni superficiale afectate .....
granulometrie: N.....P.....A.....Limite plasticitate: W_c.....
W_f.....I_p.....I_c.....ρ_s.....n.....c.....ϕ.....
D. Hidrogeologie ape subterane .....h..... emergentă la
izvoare .....pH.....zone mlăștinoase.....S.....pH.....

III. DESCRIEREA ALUNECĂRII tipul ..... relații cu alte procese de mișcare în masă .....
Cornișa forma.....H ..... h.....P.....material.....
Corpul alunecării ..... micromorfologie.....g.....P.....
Zona frontală: forma..... H.....h.....P.....
Morfometrie L.....l.....g.....Suprafața.....Volum.....
Starea de evoluție.....

Prognoza .....

Intervenție antropică.....

Alte aspecte.....

Fig. 44. Fișă pentru inventarierea alunecărilor de teren, în vederea alcătuirii unei baze de date.

BCU IAȘI / CENTRUL UNIVERSITAR LIBRARY

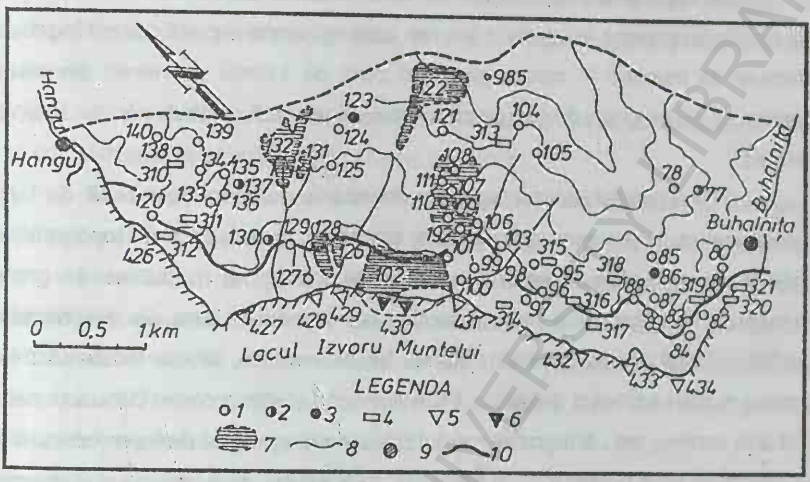


Fig. 45. Schiță cu amplasarea alunecărilor active de pe versantul stâng al lacului Izvoru Muntelui, între Hangu și Buhalnița, alunecări de teren

1-active, mai mici de 1 ha;

2- cu suprafețe cuprinse între 1-5 ha;

3- mai mari de 5 ha; declanșate în perioada 1970-1972;

4- alunecări de teren declanșate după 1974;

5- alunecări care afectează cuveta lacului Izvoru Muntelui;

6- alunecări ce reprezintă extinderi în cuvetă a celor de pe versanți;

7- extinderea arealului de versant afectat de alunecări în perioada 1976-1980;

8- curbe de nivel;

9- localități;

10- DN-15.

BCU IASI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pe baza unei astfel de fișe de inventariere a alunecărilor de teren și a schiței de amplasare în spațiu a lor, am elaborat harta riscului natural legat de procese de mișcare în masă, pentru o zonă de interes economic din valea Bistriței, și un program de prognoză a evoluției unei arii cu alunecări din bazinul Naclad.

Harta riscului natural legat de alunecările de teren reprezintă, de fapt, transpunerea, prin semne cartografice, culoare și hașuri, pe fond topografic, a datelor din fișele de inventariere. Semnele folosite și modul lor de grafie marchează cele trei zone morfodinamice ale alunecării (cea de desprindere, corpul deluvial și cea frontală), starea lor de evoluție, relația existentă între proces și starea fizică a deluviilor, între alunecări și alte procese denudaționale. Tot prin semne, am cartografiat modul prin care alunecările de teren concură la accelerarea altor procese denudaționale. In acest fel, deși implică același grad de complexitate, harta realizată este mult mai aerisită, devenind și mai lizibilă pentru specialiștii negeomorfologi. Harta riscului natural legat de procese de mișcare în masă este însoțită de eșantioane de hărți privind alcătuirea litologică a depozitelor de substrat; harta depozitelor deluviale, cu caracterizarea lor granulometrică și a grosimii afectate de alunecările actuale sau în starea de echilibru morfodinamic; o hartă a modului de folosință a versantului și o hartă a pantelor.

Riscul natural, legat de procesul de alunecare, transpus pe hartă prin hașuri, marchează arealele omogene din punct de vedere al stabilității versanților. In elaborarea hărții ne-am oprit la patru catogorii:

- zone fără alunecări de teren, dar cu potențial de instabilitate, afectate în prezent de procese de creep;
- zone ce prezintă riscul de a fi afectate de alunecări superficiale, care vor produce daune mici;
- zone de mare risc, afectate de alunecări de profunzime medie, declanșate pe fondul unor mari areale de versant cu procese de alunecare aflate în stadiu de echilibru morfodinamic;

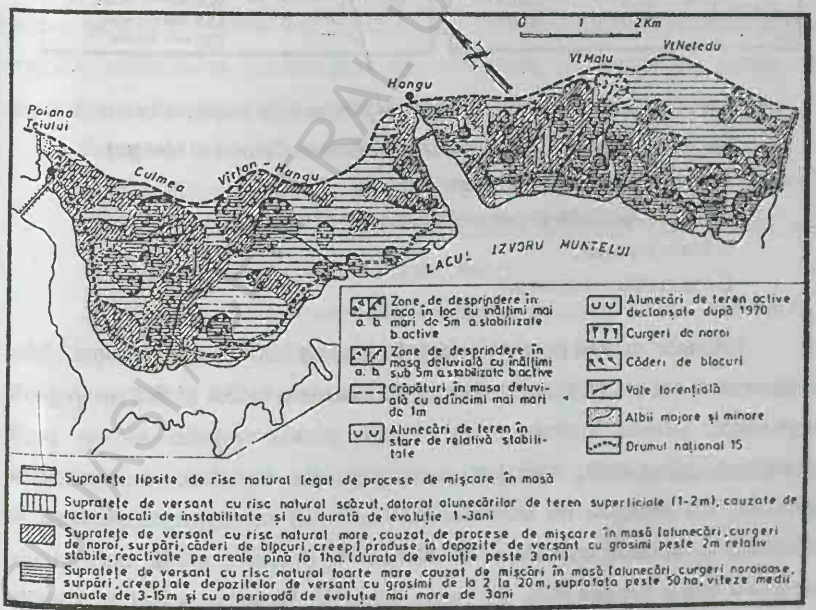
BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- zone de risc foarte mare, cu instabilitate declarată, afectate de alunecări profunde, pe suprafețe mari, și cu o evoluție dinamică pe un timp mai mare de 3 ani.

Acestă hartă este însoțită de fișele de inventarierea alunecărilor în care se completează informațiile vizând zona de interes.

In aceeași intenție de prevenire și combatere a alunecărilor de teren, prin punerea în valoare a cercetărilor geomorfologice și geologico-inginerești, am elaborat un program pe calculator, cu exemplificări din zona Naclad(*V.Surdeanu, G. Hâncu, 1984).* Alunecările au afectat partea inferioară a bazinului (sub 650 m), traversată de DN-15 și varianta sa spre Stațiunea Salmonicolă Potoci. Pădurea de amestec acoperă 43% din suprafața sa. Depozitele de versant au grosimi de 3-15 m.

Forajele deschise executate în zona celor două căi rutiere, au demonstrat că ne aflăm în cazul tipic al văiilor înecate în deluvii.


0 1 2Km
Vf.Neteadu
Vf.Malu
Hangu
Poiana Teiului
Culmea
Virtop - Hangu
LACUL IZVORU MUNTELUI
Zone de desprindere în roca în loc cu înălțimi mai mari de 5m a.stabilizate b.active
Zone de desprindere în masă deluvială cu înălțimi sub 5m a.stabilizate b.active
Crăpături în masa deluvială cu adîncimi mai mari de 1m
Alunecări de teren în stare de relativă stabilitate
Alunecări de teren active declanșate după 1970
Curgeri de noroi
Căderi de blocuri
Vale torențială
Albii majore și minore
Drumul național 15
Suprafețe lipsite de risc natural legat de procese de mișcare în masă
Suprafețe de versant cu risc natural scăzut, datorat alunecărilor de teren superficiale (1-2m), cauzate de factori locali de instabilitate și cu durată de evoluție 1-3ani
Suprafețe de versant cu risc natural mare, cauzat de procese de mișcare în masă (alunecări, curgeri de noroi, surpări, căderi de bîrcuri, creep) produse în depozite de versant cu grosimi peste 2m relativ stabile, reactivate pe areale pînă la 1ha. (durata de evoluție peste 3 ani)
Suprafețe de versant cu risc natural foarte mare cauzat de mișcări în masă (alunecări curgeri noroioase, surpări, creep) ale depozitelor de versant cu grosimi de la 2 la 20m, suprafața peste 50 ha, viteze medii anuale de 3-15m și cu o perioadă de evoluție mai mare de 3ani

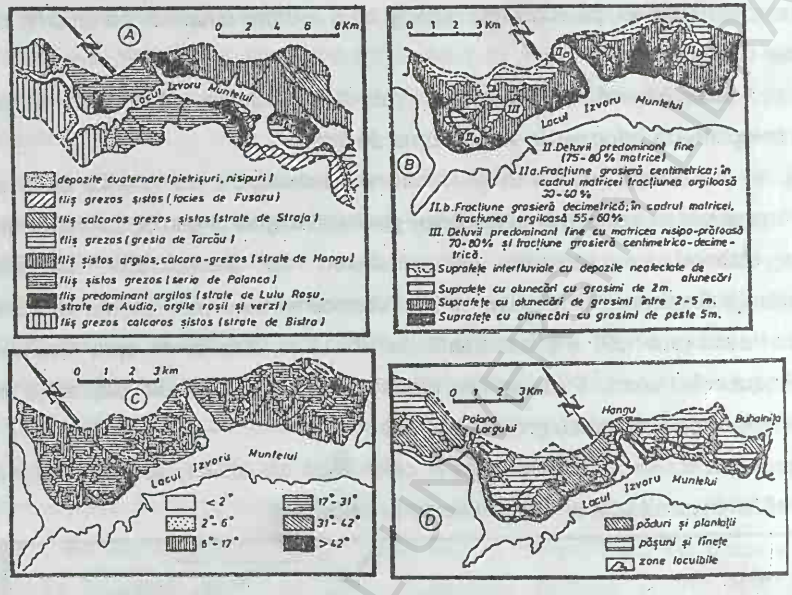

A
0 2 4 6 8Km
Lacul Izvoru Muntelui
depozite cuaternare (pietrișuri, nisipuri)
fliș grezos șistos (facies de Fusaru)
fliș calcaros grezos șistos (strate de Straja)
fliș grezos (gresia de Tarcău)
fliș șistos argilos, calcaro-grezos (strate de Hangu)
fliș șistos grezos (seria de Polanca)
fliș predominant argilos (strate de Lulu Roșu, strate de Audia, argile roșii și verzi)
fliș grezos calcaros șistos (strate de Bistra)
B
0 1 2 3Km
Lacul Izvoru Muntelui
II. Deluvii predominant fine (75-80% matrice)
II a. Fracțiune grosieră centimetrică; în cadrul matricei fracțiunea argiloasă 20-60%
II. b. Fracțiune grosieră decimetrică; în cadrul matricei, fracțiunea argiloasă 55-60%
III. Deluvii predominant fine cu matricea nisipo-prăfoasă 70-80% și fracțiune grosieră centimetrico-decimetrică.
Suprafețe interfluviale cu depozite neafectate de alunecări
Suprafețe cu alunecări cu grosimi de 2m.
Suprafețe cu alunecări de grosimi între 2-5 m.
Suprafețe cu alunecări cu grosimi de peste 5m.
C
0 1 2 3km
Lacul Izvoru Muntelui
< 2°
2°-6°
6°-17°
17°-31°
31°-42°
>42°
D
0 1 2 3Km
Poiana Largului
Hangu
Buhalnița
Lacul Izvoru Muntelui
păduri și plantații
pășuni și fînețe
zone inundabile

Fig. 46. Harta riscului natural legat de procese de mișcare în masă (versantul stâng al văii Bistriței între Poiana Teiului și Hangu).

A-Harta principalelor formațiuni litologice;

B-Harta depozitelor de versant afectate de alunecări de teren active;

C-Harta pantelor;

D-Harta utilizării terenului

Totodată, au fost puse în evidență plasarea în adâncime a suprafețelor de alunecare active, apărute în depozitele deluviale la 3,5 și 5,3 m. In profil longitudinal, aceste suprafețe, au formă quasirectiliniară, iar în profil transversal, elipsoidală, indicând o mișcare de translație a depozitelor deluviale. Din analizele de laborator efectuate s-a constatat că plasarea în adâncime a acestor suprafețe de alunecare a fost posibilă acolo unde fracțiunea fină a depășit 80% din masa deluvială, iar argila a fost cu 20-30% mai mare decât în zonele învecinate.

Alunecarea pe care exemplificăm reprezintă o reactivare a unui vechi deluviu de alunecare, în perioada 1970-1973. Panta medie a versantului afectat a fost de 15-21°. Zona de desprindere, slab evidențiată în relief, este situată în vecinătatea DN-15. Pe toată lungimea ei, de 70-80 m, alunecarea prezintă caracter detrusiv. In aval, spre cota maximă a lacului Izvoru Muntelui, urmează o arie de acumulare deluvială, suprapusă peste vechi deluvii aflate în stare de echilibru morfodinamic, ce mărește potențialul de apariție a unei noi alunecări. Pentru prelucrarea automată a datelor, obținute în urma cercetărilor geomorfologice, am adoptat un model de analiză a satbilității versanților propus de *N. Jambu, 1954*, și anume procedeul generalizat a fâșiilor. Avantajul pe care-l oferă acestă metodă constă în faptul că poate fi aplicat pe orice suprafață de alunecare, indiferent de alura sa.Etapa finală vizează determinarea coeficientului de siguranță (Fs) și a forțelor date de împingerea deluviilor (fig.47A). Secțiunea în profunzime este prezentată în figura. Se cunosc încărcările exterioare (P, Q și q), caracteristicile morfoclimatice ale profilului, adâncimea suprafețelor de alunecare, condițiile pe contur și caracteristicile fizico-mecanice ale deluviilor.

Premisele de bază ale acestei metode sunt următoarele:

- pentru fiecare profil, probleme este tratată bidimensional. In cazul în care condițiile morfologice de pe corpul alunecării sunt diferite, se impune multiplicarea numărului profilelor;
- se consideră că, coeficientul de siguranță are o valoare constantă, egală cu coeficientul de siguranță medie;
- rezistența la forfecare se folosește în funcție de eforturile specifice ($\varphi \neq 0$ și $c \neq 0$);
- se presupune a fi cunoscută linia de aplicare a forțelor normale (E) și tangențiale (T).

BCUMS CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Din necesități practice și teoretice, pe lângă coeficientul de siguranță, se determină și starea de eforturi din masa deluvială și de-a lungul suprafeței de alunecare.

Principiul de bază al metodei este deci stabilirea condițiilor de echilibru static ce permite obținerea următoarelor necunoscute: Fs, E, T, σ, τ_f. Cu excepția coeficientului de siguranță (Fs), ceilalți patru termeni sunt necunoscuți, dependenți unul de altul, și vor fi obținuți prin stabilirea a patru ecuații de bază, care trebuie rezolvate simultan, printr-un procedeu iterativ:

$$\tau_f = \tau_c \cdot Fs = c + (\sigma - \mu)\, tg\alpha \qquad (1)$$

$$\sigma = p + t - \tau_c\, tg\varphi \qquad (2)$$

$$\Delta E = \Delta Q + (p+t)\Delta x \cdot tg\alpha - \tau_c \Delta x (1 + tg^2) \qquad (3)$$

$$T = -Etg\alpha_t + ht\, \frac{\Delta E}{\Delta X} - z\, \frac{\Delta Q}{\Delta X} \qquad (4)$$

unde:

Fs = coeficientul de siguranță
(ca raport între forțele de rezistență și cele care facilitează mișcarea);

τ_f = rezistența la forfecare;

c = coeziunea;

σ = mărimea efortului unitar normal pe suprafața de alunecare;

μ = presiunea apei în pori;

φ = unghiul de frecare internă;

p = greutatea totală pe unitatea de lățime;

t = $\Delta T/\Delta x$ = variația forțelor de interacțiune (T)
corespunzătoare fâșiei Δx;

α = panta suprafeței de alunecare;

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ΔE = diferențe finite ale modificării forțelor de interacțiune (E) corespunzătoare fâșiei Δx;

ΔQ= variația suprasarcinii ce acționează pe orizontală, corespunzătoare fâșiei Δx;

Δx = lățimea fâșiei;

Eb și Ea = forțe orizontale pe contur;

Tb și Ta = forțe verticale pe contur;

τ = mărimea efortului tangent pe suprafața de alunecare;

G = greutatea;

q = suprasarcina unitară uniform distribuită;

p = suprasarcina concentrată.

La aceste patru ecuații, se mai adaugă ecuațiile (5) și (6), care constituie relația de echilibru, și-n același timp, modelul matematic al problemei:

$$\sum_{a}^{b} \Delta Ei = Eb - Ea \qquad (5)$$

$$\sum_{a}^{b} \Delta Ti = Tb - Ta \qquad (6)$$

unde:

$p = \Delta G/\Delta x$

$\Delta G = \Delta \gamma + q\,\Delta x + \Delta p$

$t = \Delta T/\Delta x$

Fiind un sistem implicit, cu un mare volum de date, am preferat programarea rezolvării lui pe un calculator. Modelul matematic cu modificările necesare a fost rezolvat prin algoritmul prezentat în schema logică din fig. 48. Mărimile implicate de analiză au fost calculate pe un profil longitudinal din alunecarea activă, împărțită în 11 fâșii transversale, în funcție de

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

micromorfologie. Datele necesare calculatorului au fost ordonate într-un tabel (fig 47 F). La acești parametri, care provin din prelucrarea datelor geomorfologice și a proprietăților fizico-mecanice ale deluviilor, am adăugat doi parametri geometrici, ht și αt, estimați ca în fig. 47 C.

In cazul alunecării Naclad, am considerat ca variabile, ce pot lua valori diferite în funcție de condițiile complexe din teren, de evoluția morfodinamică a alunecării, următoarele mărimi:

-nivelul hidrostatic (Nh), pentru care am ales patru valori (real, lipsă, +0,25 m și -1,0 m, față de real);

-unghiul de frecare internă (φ), știut fiind că, pentru deluviul analizat, ia valori între 14-22°, s-au luat în calcul valorile extreme și o valoare medie de 18°;

-pentru coeziune (c), s-au considerat două valori asimilate: 0,3 și 0,4 t/m^2. Pentru prelucrarea acestor date, au fost determinate valorile lui Fs în fiecare ipoteză, considerată ca în fig. 47 E, și diagramele de variație ale forțelor E, T, σ, și τ, ca în fig. 47 B. Interpretând aceste date, se poate aprecia:

- stadiul în care se află alunecarea; în fig. 47 E se observă, că, în condiții reale ale lui N_h, pentru valori ale lui φ (= 18° și c = 0,3 t/m2, alunecarea este activă (Fs = 0,95); la o creștere a N_h cu 0,25 m, alunecarea devine activă și pentru (φ = 20°, iar la o scădere a N_h cu un metru, alunecarea se stabilizează;

- valorile împingerii deluviului și ale eforturilor unitare induse de acestea pe suprafața de alunecare, din diagramele de variație ale forțelor de interacțiune (E, T) și ale eforturilor unitare (σ și τ), se pot stabili valorile acestora în fiecare punct de-a lungul alunecării. Valorile împingerii normale (E) sunt necesare dimensionării construcțiilor de consolidare a alunecării. De exemplu, pentru fâșia de alunecare 2/3, acesta are valoarea 58 t/m;

- modificările acestor mărimi, ce pot surveni prin schimbarea unor cauze naturale sau antropice; prin studiul diagramelor de variație a lui Fs în

BCU-CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

funcție de Nh, φ, c, se pot stabili valorile critice ale stabilității (Fa = 1) pentru fiecare din aceste mărimi.

In cazul prezentat de noi, dacă se intervine prin drenaje pentru scăderea Nh cu 1 m, se poate asigura stabilizarea alunecării, chiar și-n sectoarele cu valori ale lui φ mai mic de 18°. Prin analiza diagramei eforturilor, se pot aprecia modificările induse de variația Nh, φ sau c.

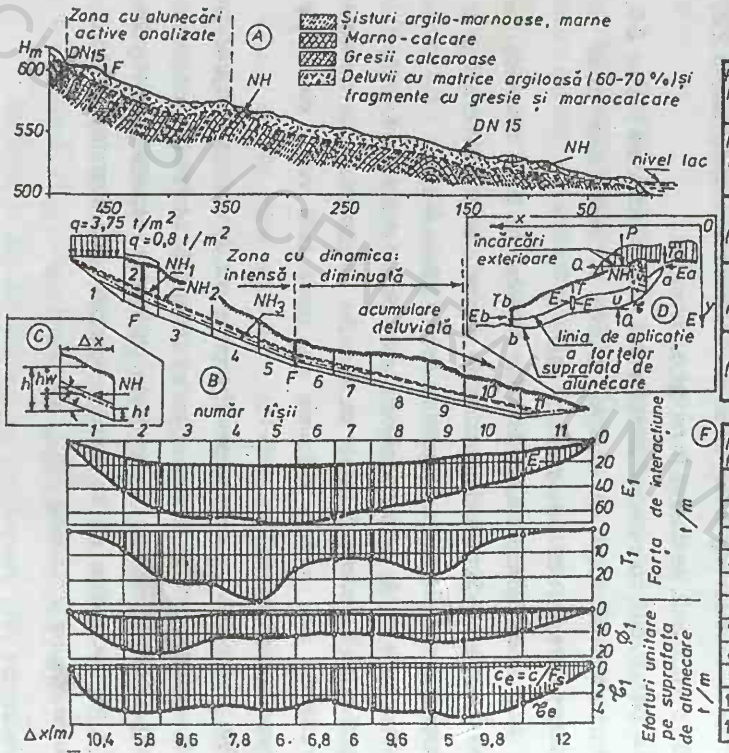
Prin multiplicarea profilelor pe corpul alunecării (în funcție de datele morfologice și de geologie inginerească cunoscute), e posibilă microregionarea dinamică a lui, într-un anumit stadiu de evoluție, și determinarea tendinței dinamice în viitor.

In cazul analizat (fig 47 B), la un nivel hidrostatic normal, real, la 2,20 m; φ = 18°; c = 0,3 t/m2, se disting, în raport cu dinamica:

- o primă zonă cu caracter denudațional, corespunzătoare fâșiilor 2-5, furnizoare de masă și energie, situată în vecinătatea zonei de desprindere, cu activitate dinamică intensă;
- o a doua zonă, situată imediat în aval, în care dinamica se atenuează, predominând mișcările de strivire, marcate prin crăpături și fragmentare puternică a corpului alunecării (fâșiile 6-9);
- o a treia zonă, corespunzătoare ariei de acumulare deluvială; aici sunt puse în evidență fazele de evoluție din amonte, prin repetate încălecări ale maselor deluviale noi peste cele vechi, din etape dinamice anterioare (fâșiile 10-11).

Prin informațiile pe care geomorfologii le pun la dispoziția inginerilor proiectanți, suntem convinși că se vor putea alege soluții tehnice economice, privind eliminarea excesului de umiditate, nivelarea depozitelor deluviale afectate și reintroducerea lor în circuitul economic (ca suprafață agricolă, silvică sau de pășune și fâneață).

BCU "ASTRA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



E

Poziţie nivel hidrostatic	Valoarea frecării interne	Coeziunea C (t/m)	Coeficient de siguranţă Fs
Fără nivel hidrostatic (uscat)	14°	0,3	0,891
	18°	0,3	1,132
	22°	0,4	1,417
NH_3 (NH_2-NH_3=1m	14°	0,3	0,792
	18°	0,3	1,023
	22°	0,3	1,251
NH_2 nivel real 2,2 m	14°	0,3	0,749
	18°	0,3	0,950
	22°	0,3	1,162
NH_1 (NH_1-NH_2= 0,25 m)	14°	0,3	0,735
	18°	0,3	0,933
	22°	0,3	1,140

F

Nr. fs.	α°	Δx m	P t/m	U t/m	Ø°			α t°	h_t m
1	35	10,4	13,94	1,6	14	18	22		0,0
2	25	5,8	20,16	3	〃	〃	〃	22,5	2
3	19	8,6	17,11	2,8	〃	〃	〃	22,0	2,4
4	19	7,8	13,64	2,3	〃	〃	〃	20,0	2
5	19	6	11,0	2	〃	〃	〃	24,0	1,75
6	13	6,8	9,57	1,8	〃	〃	〃	12,5	1,4
7	13	9,6	11,41	2	〃	〃	〃	10,0	1,2
8	13	6	13,65	1,8	〃	〃	〃	10,0	1,6
9	13	6	13,24	1,8	〃	〃	〃	18,0	2
10	13	9,8	12,84	1,8	〃	〃	〃	13,0	1,4
11	5	12,0	5,5	0,6	〃	〃	〃	0,5	1,3
									0,0

Fig. 47. Schemă de aplicare a metodei N. Jambu la alunecarea de teren Naclad

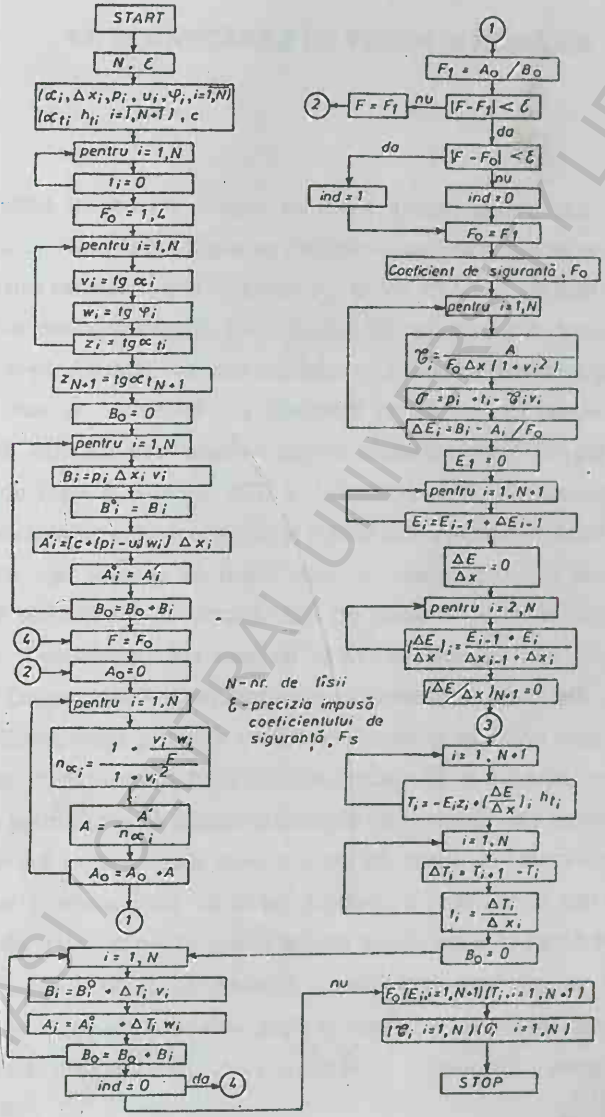

START
N, ε
pentru i = 1,N
ti = 0
Fo = 1,4
pentru i = 1,N
vi = tg αi
wi = tg φi
zi = tg αti
zN+1 = tg αtN+1
Bo = 0
pentru i = 1,N
Bi = pi Δxi vi
Bi° = Bi
A'i = [c + (pi - ui) wi] Δxi
Ai° = A'i
Bo = Bo + Bi
F = Fo
Ao = 0
pentru i = 1,N
A = A'/nαi
Ao = Ao + A
i = 1,N
Bi = Bi° + ΔTi vi
Ai = Ai° + ΔTi wi
Bo = Bo + Bi
ind = 0
da
Fo = Ao/Bo
|F - Fo| < ε
nu
ind = 1
ind = 0
Coeficient de siguranță, Fo
pentru i = 1,N
Bi = A / Fo Δx (1 + vi²)
Ci = pi ti - Ci vi
ΔEi = Bi - Ai / Fo
E1 = 0
pentru i = 1,N+1
Ei = Ei-1 + ΔEi-1
ΔE/Δx = 0
pentru i = 2,N
[ΔE/Δx]i = (Ei-1 + Ei) / (Δxi-1 + Δxi)
[ΔE/Δx]N+1 = 0
i = 1,N+1
Ti = -Ei zi + [ΔE/Δx]i hti
i = 1,N
ΔTi = Ti+1 - Ti
Ii = ΔTi / Δxi
Bo = 0
Fo [Ei, i = 1,N+1] [Ii, i = 1,N+1]
[Ci, i = 1,N] Ci, i = 1,N
STOP
N - nr. de fîșii
ε - precizia impusă coeficientului de siguranță, Fs

Fig. 48. Schema logică pentru calculul factorului de siguranță

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

14. ALUNECĂRILE DE TEREN ÎN ROMÂNIA

Până în prezent studiile efectuate asupra alunecărilor de teren din România, ne oferă date elocvente, cantitative, asupra extinderii procesului. Așa cum am mai semnalat, aria de studiu s-a extins an de an, de cele mai multe ori fiind sub o comandă socială. De la studiile de caz, care-și au începutul încă de la 1923, și până astăzi, numărul lucrărilor de specialitate au depășit 300.

Doar un număr mic de specialiști vin să facă un studiu de repartiție regională. Intre acestea amintim studiile elaborate de *V. Dragoș 1957, N.Al. Rădulescu 1959, M.Ielenicz 1970, V. Gârbacea 1992, V. Surdeanu 1996*, etc. Dintre lucrările amintite multe dau și suprafețele afectate de către procesul de alunecare, dar acestea se referă doar la cele cu procese active, care au degradat terenuri într-un anumit ciclu de evoluție. Astfel în anul 1958 erau estimate suprafețe cu alunecări de teren ce însumau doar 116.000 ha, pe când, *V. Dragoș, 1957*, apreciază această suprafață la peste 900.000 ha.

Configurația generală a reliefului României, cu multe terenuri situate în pantă, ce oferă o mare favorabilitate declanșării și evoluției procesului, ne conduce la concluzia că suprafața afectată de alunecări este cu mult mai mare. Un argument în acest sens este și acela că, numai în ultimul ciclu major de reactivare al alunecărilor de teren, procesul s-a declanșat sau reactivat pe aproximativ 110.000 ha, în spațiul agricol sau forestier al României *(M. Moțoc 1984, C. Traci 1983)*. O evidență exactă însă ar trebui să includă atât alunecările active cât și pe cele aflate în stadiu de stabilizare care, însă, oferă un potențial deosebit dezvoltării proceselor, într-un viitor apropiat sau mai îndepărtat.

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Plecând de la aceste aspecte ținem să remarcăm că, repartiția alunecărilor de teren pe teritoriul României, este dependentă de configurația generală a reliefului, cu lanțul carpatic central, care coordonează întregul sistem al modelării. Diversificarea, latitudinală și altitudinală, a elementelor care concură la aspectul actual al reliefului face ca, și-n cazul unui singur proces, cel al alunecărilor,acest fapt să se resimtă cu pregnanță. Pe de altă parte, evoluția în timp, și mai special în Cuaternar, a reliefului României a creat condiții de mare favorabilitate dezvoltării maxime a procesului la scara întregii țări. Sunt citate în literatură cazurile celor mai vechi forme generate de alunecări ca aparținând pleistocenului.

Situația moștenită din postglaciar (cuvertura de depozite de distrucție groasă, tendință de adâncire a văilor, reajustări neotectonice) crează tot atâtea premise de favorabilitate dezvoltării alunecărilor de teren la nivelul României.

Evoluția suprafețelor cu diverse folosințe, despăduririle, extinderea arabilului în spațiul deluros și chiar montan, numeroasele amenajări de bazine hidrografice, evoluția vetrelor de sat sau oraș spre culmile versanților, amenajări de căi de transport, exploatări de materii prime, etc., s-au constituit în tot atâtea premise potențiale dezvoltării alunecărilor active.

Și, nu în ultimul rând, complexitatea fizico-geografică, care introduce o complexitate în modelarea contemporană face ca, între procesele erozivo-denudaționale ce concură la degradarea terenurilor, să existe o strânsă interdependență.

Din cele arătate mai sus, trebuie să remarcăm faptul că, alunecările de teren ocupă arii extinse în spațiul în care, în substrat, predomină rocile slab consolidate, cu mobilitate neotectonică accentuată, cum ar fi zonele subcarpatice și carpatice aparținând flișului; în cele de Podiș al Moldovei și cel al Transilvaniei. Zonele cu alunecări sunt grupate, în special, în arii de mare dezvoltare a entităților litologice argiloase, argilo-marnoase ce suportă peste ele stive de depozite permeabile (fig.49).

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Arhitectura stratelor imprimă, pe de o parte, o inegală răspândire a procesului, dar și mecanisme diferite de apariție și evoluție. Astfel, în zonele cu relief monoclinal, versanții abrupți, cuestiformi, sunt afectați de alunecări profunde, în trepte, valuri mari, glimee (monticuli), cum sunt în Podișul Central Moldovenesc (Coasta Iașului, Coasta Dealul Mare-Hârlău, Coasta Racovei, etc.), în Câmpia Transilvaniei, în Podișul Târnavelor, în Colinele Tutovei, etc.

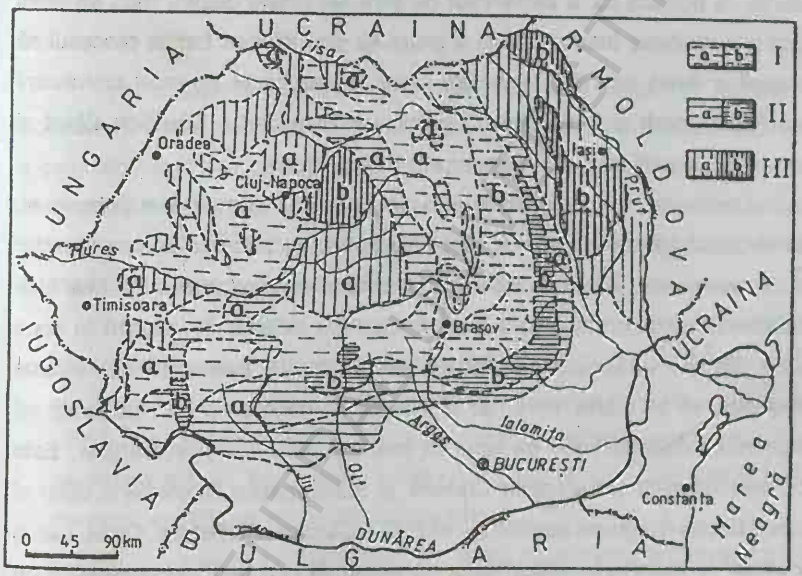


Fig. 49. Schiță de hartă cu amplasarea alunecărilor de teren în România (după D.Bălteanu.1997; M.Ielenicz,1970, N.Al. Rădulescu,1959)

I. Arii montane cu apariție sporadică a alunecărilor de teren (a) și cu frecvență ridicată a procesului (b);

II. Arii subcarpatice în care alunecările de teren au o frecvență mare(a) și foarte mare (b);

III. Arii de podiș și de depresiuni cu frecvență medie a alunecărilor de teren (a) și cu frecvență ridicată a lor (b)

Pe suprafețele structurale (revers de cueste), alunecările sunt de mai mică amploare, atât ca suprafață cât și ca profunzime. In Depresiunea Transilvaniei o notă aparte o dă structura în domuri și brahianticlinale, multe din ele "sparte" de eroziune liniară, fapt ce a făcut ca, suprafețele cu alunecări să afecteze depresiunile de tip butonieră din toate laturile (butoniera Mociu). O altă notă de "personalitate" a alunecărilor din Depresiunea Transilvaniei o dă prezența, la bordură sa, a sâmburilor de sare din cutele diapire (fapt de altfel întâlnit și-n dealurile Subcarpatice) și prezența gipsurilor ce fac ca procesul să găsească o vastă arie de răspândire și să se manifeste pe mari profunzimi (zona Praid-Odorhei, Ocna Dej, Cojocna, dealurile dintre Râmnicu Sărat și Râmna, Subcarpații Buzăului, Subcarpații Vâlcei, etc.).

O altă situație o regăsim însă în Carpații flișului, uneori și-n Subcarpați, unde structura, pe de o parte și tectonica activă pe anumite compartimente, sunt elemente care, alături de litologie, concură la apariția procesului. Mișcările neotectonice pozitive, care sunt "compensate" în exterior de mișcări în sens negativ, fac ca în aceste arii activitatea erozională executată de rețeaua hidrografică să fie foarte mare, iar procesele de degradare prin alunecări să compenseze dezechilibrele ce apar în treimea inferioară a versanților. Este cazul Subcarpaților și Carpaților Curburii, ai Subcarpaților Moldovei și chiar ai munților flișului din grupa nordică și centrală a Carpaților Orientali. Omul, aici, a "contribuit" la extinderea suprafețelor cu alunecări prin defrișări, amenajări de bazine acvatice, construcții de căi de comunicație (exemplu elocvent îl oferă valea Bistriței Moldovenești, zona cu exploatări petroliere din munții Tarcău-Goșman și din Subcarpații Moldovei).

In arealul de dealuri, din partea de vest a țării (Dl. Banatului și Crișanei), alunecările de teren, deși au o oarecare frecvență, nu reușesc să se constituie însă, în factori hotărâtori ai degradării terenurilor. La fel, arealele depresionare intramontane (Maramureș, Ciuc, Brașov), oferă spații de manifestare a procesului de mică amploare însă, uneori, cu pagube însemnate.

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

SUMMARY

Virgil Surdeanu - GEOGRAPHY OF DEGRADED TERRAINES

I. LANDSLIDES

By the themes approached, the present work seems to be able to substitute for some notions used by other geographical disciplines and especially by geomorphology and pedogeography. Its content tries to build up a whole, with the information as well as with the mechanisms of degradation processes, with the methods used in their study and implicitly with the actions taken for the prevention and the fighting against their damaging effects.

- The concept of degradation is given an extended meaning, not only of continuos and insensitive decrease of soil quality, which the author considers limitative. Our approach starts from a state phase understood as a morphodynamic equilibrium state, upon which the external agents, and to an increasing extent, the human society, act, giving new dimensions to the changes, sometimes with unpredictable effects.
- Viewed by the author, the study of degraded terraines must be done following two major motivations. First, it should start from the knowledge of the processes that take part in land degradation, of the causes that lead to their occurance, of the rhythm and occurance frequency and implicitly, of their direct and indirect effects. Following these in time, in the historical as well as in the contemporary one, will reveal to us further evolution directions. Secondly, and equally important, comes the starting point of the cause-effect concept which is actually the key to prevention and fighting against certain hazards. Only a profound knowledge of the way in which modelling processes express themselves in space and time can take us to efficient measures.

BCU CLUJ / UNIVERSITY LIBRARY

- In the first place, the choice of mass movement processes and especially of landslides is motivated by the fact that the author has worked in this field for a very long time, and within the space we all live together, land degradation through such processes occupies large land surfaces.
- From the very beginning there is an attempt to reach an agreement regarding the terminology and content elucidation for each of the processes analysed, trying to eliminate the confusions still persisting in some specialist Romanian treatises.
- Landslide causes have been approched from two directions:
  - ***natural causes,*** the emphasis being equally on the geological bedrock and on relief, as its reflection on the surface; climatic causes are equally important and so is the erosional activity of rivers and the quality of vegetation layer. Limited space, nevertheless a convincing one, is alocated to identical phenomena induced by landslides in the surrounding areas, phenomena consisting of other degradation processes leading to the conclusion that hillslopes may be considered their creation in special morphogenetic conditions.
  - ***anthropic causes***, which lately tend to overcome in importance the natural ones, have been analysed through the frequent changes of land use following deforestation/ forestation, extension of agricultural land uses, mobility of hearths, hydroenergetic works, building-up of communication ways, etc.
- A special section of this book is dedicated to the methods and proceedings used in landslide research. The emphasis is placed obviously on methods specific to geomorphology (mapping of affected areas), but also on those used by other Earth sciences so that the quantitative and qualitative information gathered would suffice in explaining the mechanisms and the general forms of the process.
- Starting from the idea that landslides form a subsystem of the hillslope system, the variables that define it (fig. 24) and the ones that place it into interconditioning relationships with the other subsystems are fully

BCU "AL. I. CUZA" IAȘI UNIVERSITY LIBRARY

described. In this respect abundant references are made regarding the relationships established between the interfluve subsystem and that of riverbeds, between which the mass and energy transit is ensured, at least in the temperate zone, mainly by the landslinding processes (fig. 23).

- In analysing the dynamics of landsliding processes, the author uses different methods ranging from the elaboration of special cartographic materials (morphodynamic maps) to repeted topographic measurements or to inclinometric measurements. Due to practical reasons, which aims at distinct methodologies meant to diminish the damages, this aspect is tackled in a different way when it comes to superficial landslides (less than 2m in depth), or to medium depth landslides (2-5m), or to profound ones (over 5m in depth). It is noticeable the fact that the dynamic phase is influenced by the physical-mechanical properties of the affected deposits, by climate and especially by rainfall regime (fig. 29), by anthropic interventions upon the hillslope system, etc. The dynamic phase of a landslide may extend, depending on the evolution conditions, over a period of time of days or months, but it may also last up to 10-15 years. Meanwhile on the hillslope surface affected by the process the movement speed may go up and down, the morphology can change rapidly depending on the mass transit. A great interest is taken into the denudation rate through landslides (fig. 30) and into the changes that took place in the hillslope profile depending on the position of the sliding surface.

- Starting from the idea that active landslides now represent, to a great extent, a reactivation of certain former sliding surfaces (dating back to post-Pleistocene), the author draws a clear distinction between the age of the affected deposits and that of the relief forms triggered by landslides. The continuity phenomena of the processes taking place on the hillslopes are also presented, specifying that within a certain cycle of reactivation, the new landslide area is an answer to what have been inherited from a previous cycle and it will constitute in its turn the cause for new landslides.

- Starting from the idea that gliding occurs from case to case on one or several sliding surfaces (simultaneously active), remarks are made

BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

regarding the favourable conditions for their occurance as a result of exceeding the shearing stress (fig. 33), of the evolution tendencies of the hillslopes showing landslides, of the role and place held by the process in contemporary modelling.

- A special chapter deals with landslides taking place in the lakeshore areas of dammed lakes, with special references to those affecting Izvoru Muntelui Lake. The issue should come out in the light of the research, being known that such processes have caused in time important damages and even led to the ceasing of their existance.
- Prevention and fighting against landslides is dealt with in great detail in this book, trying to agree on pure naturalistic or technical approaches, underlining the role of interdisciplinary studies.
- It is very clear that any action meant to prevent and fight against landslides must have as a starting point the acknowledgement of past events, of the causes that generated them, knowing that in similar situations, the effects of any new process may be much serious. After a rather critical analysis of the most well known national and international methodologies in the field, the author presents a case study analysis (fig.47) solved through an interdisciplinary research.
- In the final chapter the author analyses the landslide extension in Romania (fig. 49), emphasizing their high contribution to the degradation of the Subcarpathian regions, of the hills in the Transylvanian Depression or of those in the Moldavia Plateau, but also of those in the mountainous area of the Carpathian flysch.

A great deal of the issues studied in this book is rooted in my countless debates with the lamented Prof. Dr. Constantin Martiniuc whom I bring a well-deserved homage through this book as well. I have the same feelings of gratitude for my home and foreign colleagues, researchers and professors, critics and advisers, partners of endless discussions, who made me believe in success.

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

LIST OF FIGURES

Table I — Conformity between foreign and Romanian terms for mass movement processes.

Fig. 1 — Geomorphological classification of mass movements (*Carson M.A. and Kirkby M.J., 1972; Flageollet J.C., 1989*)

Type of process:

A-landslides; C-mud flows; G-expansive soils;

1. *Rapid mass movements*: Ac-plastic landslides; As-landslides in fine homogenous deposits; Ar-landslides in heterogenous mainly coarse deposits; Sp-rock falls/failures; T-compactions.
2. *Slow mass movements*: Sf – solifluxions; As-landslides in fine homogenous deposits; T-compactions; Cp-creep.
3. *Rapid transport, mediated by water*:Cr-river transport; Cn-mud flows;Cs-fine homogenous deposits flows.

Fig. 2 — Types of processes and their speeds (*Flageollet J.C., 1989*).

C-creep; A-landslide; Sp-rock falls/failures; Cn-mud flows.

Fig. 3 — Speeds of mass movement *processes(Varnes D.J., 1958; Crozier M.J., 1979; Flageollet J.C., 1989*)

Er-extremely rapid; Fr- very rapid; R-rapid; M-moderate; L-slow; Fl-very slow; El-extremely slow.

Table II — Quantitative raports (%) between elementary lithological entities in the Cretaceous and Palaeogene flysch.(after the measurements done by *Grasu C., 1971; Dinu C., 1979*).

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Table III Physical characteristics of deluviums related to the elementary lithological formations in the Cretaceous and Palaeogene flysch zone.

Fig. 4 Deluvial deposits granulometry in the Cretaceous and Palaeogene flysch zone.

Fig. 5 Variation of plasticity limits and of natural humidity in the deluvial deposits of Cretaceous and Palaeogene flysch.

Fig. 6 Rainfall values in flysch zone – Bistrita Valley (gliding averages of three years).

Fig. 7 Water reserve derived from the snow layer in 1973.

Fig. 8 Annual rainfall variation in relation with multiannual mean value.

Fig. 9 Natural humidity variation of the deluviums (W_0) depending on rainfall regime.

Table IV Debris transported by surface waters from the basins with slides.

Table V Water volume drained by underground waters, quantity of salts and substances removed from the solution.

Table VI Values of mechanical, chemical and total erosion in landslide basins Buba, Huiduman and Naclad.

Fig. 10 Climatic cycles important for the geomorphology of the temperate zone.

Fig. 11 Description of experimental basins showing landslides.

Fig. 12 Placement of topometric measurements points in active landslide areas.

Fig. 13 Positioning of pipes; Sketch of the inclinometer and of "slope"-type pipes.

Fig. 14 Placement of reference points on supporting walls

a-movements of wall parts along cracks;

b-pushing movements;

c-compaction movements.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 15 Approximation formulas for the volume of landslides.

Fig. 16 Landslide mechanism

F_s=coeficient of safety

W=weight.

Fig. 17 Graphics for the Coulomb-Terzaghi equation (*Florea M.N., 1979*).

Fig. 18 Residual shearing (*Skempton*)

Fig. 19 Calculus of internal friction angle and of the cohesion on the sliding surface.

Fig. 20 Approximation scheme of the main morphometric variables(*Cruden M.D., 1989*).

Fig. 21 Approximation schemes of the landslide system variables(*Jones et al., 1961*).

Fig. 22 Scheme of a cascade system in the case of landslides.

Fig. 23 Scheme of a process-response system in the case of a landslide.

Fig. 24 Morphometric and state variables in the case of Taşbuga landslide.

Fig. 25 Rainfall values for the Taşbuga area between 1983-1986.

Fig. 26 Geomorphological sketch and the evolution of deluvial transit in the Taşbuga area.

Fig. 27 Dynamical phases of a landslide by *Terzaghi K.* (*cf. Florea M.N; 1979*).

Fig. 28 Sliding surfaces and the diagram of the movements ascertained through inclinometric measurements for the Buba I landslide

(A-drilling I; B- drilling II; C- drilling III).

Fig. 29 Cyclicity of rainfall and travelling speeds for landslides.

Fig. 30 Denudation rate of the Huiduman landslide.

Fig. 31 Variation of the slope topographic profile in the areas affected by Buba and Huiduman landslides (T-transport; A-accumulation).

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 32 Position of sliding surfaces related to the pre-existing morphology of the slope (Naclad landslide, Oriental Carpathians, flysch zone).

Fig. 33 Relations between the occurrence of sliding surfaces and the physical-mechanical properties of slope deposits (exemplification in the case of Huiduman landslide, Oriental Carpathians, flysch zone).

Fig. 34 Evolution through landslides of the left slope of Bistrita Valley in the Huiduman area.

Fig. 35 Evolution fo the slopes showing mass movement processes in the Translyvanian Basin and Tutova Hills.

I.A. Evolution of a derasion-sliding formation: a-soil flows; 2-superficial landslides; 3-sheet erosion; 4-derasion resumption through landslides; 5-derassion-sliding complex valley. B. Derasion-sliding formation (*Mac I., 1980*). II. Contemporary slope evolution through their division (A); through simultaneous retreat and compaction (B), (*Josan N., 1979*). III. Schematic evolution of slope showing landslides in Tutova Hilles: 1- old, indistinct landslide scarps; 2-recent, active landslide scarps; 3-Body of the slide from the first stage; 4-Body of the slide from the second stage (*Hârjoabă, 1969*).

Fig. 36 Evolution stages of slopes showing landslides and linear erosion.

Table VII Repartition of landslide areas related with landuse in the Subcarpathian basins of Râmna and Râmnicu Sărat rivers.

Table VIII Surface affected by active landslides, deluvium volume set in motion, at altitudinal steps, related to bedrock lithology.

Fig. 37 Altitudinal repartition of landslides in Bistrita Valley-flysch zone.

Table IX Deluvium volume set in motion by altitudinal steps and by morphological types.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 38 Location of landslides affecting the Izvoru Muntelui lake basin.

Fig. 39 Morphological types of landslides affecting the slopes of Izvoru Muntelui lake basin.

Fig. 40 Hummock detachment through landslides.

Fig. 41 Scenario proposed by Brunsen for the elaboration of several risk studies (*Panizza M., 1994*).

Fig. 42 Conceptual basis of the relations between the geomophological components and the project (*Panizza M., 1994*).

Fig. 43 Conceptual and methodological scheme of the role of geomorphology (relief forms and processes) for the Evaluation of the Environmental Impact of a project (*Panizza M., 1994*).

Fig. 44 Record card for the landslide evaluation with a view to elaborating a data base.

Fig. 45 Positioning sketch of active landslides on the left slope of Izvoru Muntelui lake, between Hangu si Buhalnita, landslides:

1 - active, smaller than 1 ha;

2 - 1-5 ha;

3 - larger than 5 ha; started between 1970-1972;

4 - landslides started after 1974;

5 - landslides affecting Izvoru Muntelui lake basin;

6 - landslides representing extension in the lake basin of those on the slopes;

7 - extension of slope area affected by landslides between 1976-1980;

8 - contour lines;

9 - settlements

10 - DN-15.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 46 Map of natural risks linked with landslide processes (left slope of Bistrita Valley between Poiana Teiului and Hangu). A-Map of main lithological formations; B-Map of slope deposits affected by active landslides; C-Hillslope map; D-Landuse map.

Fig. 47 Scheme of Jambu N. method applied for Naclad landslide.

Fig. 48 Logical scheme of the calculus of certainty factor.

Fig. 49 Map sketch with the position of landslides in Romania (*Bălteanu D., 1997; Ielenicz M., 1970; Rădulescu N.Al., 1959*).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CONTENTS

INTRODUCTION....9

1. MASS-MOVEMENT PROCESSES....15
1.1. Definition, terminology, content....15

2.LANDSLIDES....25
2.1. Definitions, terminology....25

3. LANDSLIDES CAUSES....33
3.1. Natural causes....36
3.1.1. Pre-existing relief....37
3.1.2. Bedrock lithology....40
3.1.3. Superficial deposits....42
3.1.4. Vertical movements of the crust and earthquakes....55
3.1.5. Climatic causes, with special regard to rainfall....59
3.1.6. Physical-mecahnical action of surface and underground waters....66
3.1.7. The effect of vegetation upon the slope stability....68
3.1.8. Natural discharge through chainned reactions. Continuity of landslide process on slopes....71
3.2. Anthropic causes....74
3.2.1. Evolution of forested surfaces....75
3.2.2. Movement of village hearths....77
3.2.3. Slope overweighting....78
3.2.4. Modification of slope gradient....80
3.2.5. Vibrations caused by traffic and explosions....80
3.2.6. The presence of lake basins....82

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

4. METHODS AND PROCEEDINGS EMPLOYED IN LANDSLIDE RESEARCH 85
4.1. Field research 85
4.1.1. Map-drawing and sampling of the areas 86
4.1.2. Topometric measurements 93
4.1.3. Inclinometric measurements 98
4.1.4. Measurements on reference points embedded in walls 102
4.1.5. Drillings. Their description. Samplings 104
4.1.6. Rainfall measurements. Evaluation of water resources derived from snow 105
4.2. Laboratory research 106
4.2.1. Physical analyses of deluvium 106
4.2.2. Quantitative evaluation of deluvium volume 109

5. ELEMENTS OF A LANDSLIDE AS MORPHOMETRIC VARIABLES OF THE SUBSYSTEM. CORRELATIONS BETWEEN VARIABLES ... 115
5.1. The geomorphological system of landslides 115
5.1.1. Morphological system 124
5.1.2. Cascade system 127
5.1.3. Process-response system 128
5.2. Definition and measurements of variables in the field 130

6. LANDSLIDES DYNAMICS 135
6.1. Superficial landslides dynamics 138
6.2. Medium depth landslides dynamics 139
6.3. Profound landslides dynamics 139
6.4. Denudation rates through landslides and modification of slope profile 146

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

7. SLIP PLANE/SLIP SURFACE 153

8. THE AGE OF LANDSLIDES. PRESENT TENDENCIES OF EVOLUTION FOR THE SLOPES SHOWING LANDSLIDES..... 157
   8.1. The age of deluvium and landslide forms..... 157
   8.2. Continuity and cyclicity in the landslide process 160
   8.3. Present tendencies in landslide dynamics..... 162

9. THE PLACE OF LANDSLIDES IN CONTEMPORARY MODELLING .. 165

10. LANDSLIDE TYPOLOGY..... 173
   10.1. Active and potential landslide related to different occuring conditions..... 173

11. LANDSLIDES IN LAKESHORE AREAS..... 195

12. MORPHOLOGY OF LANDSLIDE SCARPS AND OUTLIERS..... 203

13. PREVENTION AND FIGHTING AGAINST LANDSLIDES..... 207

14. REPARTITION OF LANDSLIDES IN ROMANIA 231

15. SUMMARY..... 235

16. LIST OF FIGURES 239

17. CONTENTS..... 245

18. BIBLIOGRAPHY..... 249

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BIBLIOGRAFIE

ABAGIU P. (1973) - *Corelații între precipitațiile căzute și interceptate în coronament în arboretele de Pinus silvestris L și de Pinus nigra.* Rev. Pădurilor, nr.10, București

ANTOINE P., BIAREZ J., DESVARREUX P., MOUGIN J.P. (1971) - *Les problemes posés par la stabilité des pantes dans les région montagneuses.* Trav.lab.géol. de la Facult.des Sci.,tom.47, Grenoble

ANTOINE P. (1977) - *Reflexions sur la cartographie Zermos et bilan des experiences en cours.* Bull. B.R.G.M., III. 1-2

APĂVĂLOAIE M., BARBU N. (1975) - *Considerații asupra distribuției cantităților de precipitații atmosferice în partea nordică a Carpaților Orientali.* Lucr. Staț. "Stejarul", s. geol.-geogr., Pângărați

APETROAIE N., CATANA C. *(1980)* - Unele date privind afluxul de material solid în lacul Izvoru Muntelui. *Rev. Hidrotehnica, 25,10, București*

APOPEI V., MOROȘANU Iulia *(1979)* - Determinarea potențialului hidric al râului Bistrița pe baza coeficientului mediu de scurgere. *Lucr. Staț. "Stejarul", 7, s.geol.-geogr. Pângărați*

APOPEI V. *(1980)* - Studiul geomorfologic al șesului Bistriței inferioare și a lacurilor de baraj dintre Pângărați și Bacău. *Rez. teză doctorat, Iași*

ARGHIRIADE C. *(1977)* - Rolul hidrologic al pădurii. *Ed.Ceres, București*

ASTE J.-P. *(1983)* - Prévention en matier de mouvement de terrain. *Hydrogéologie, géologie de l'inginiéur, nr.2*

AVENARD J.M. *(1962)* - La solifluxion ou quelques méthodes de mécanique des sols appliquées au probleme géomorfologiques des versants. *Trav. lab. géogr. phys., Strassbourg, C.D.U. Paris*

BALLY R.J., STĂNESCU P. - Alunecări de teren. Prevenire și combatere. Ed.*Ceres, București*

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BALLY R.J., BORSARU I., POJAR Victoria, MATEI L., MARTINIUC C. (1975) - *Urmărirea unor soluții pentru combaterea alunecărilor de teren în cadrul amenajărilor de îmbunătățiri funciare și stabilirea unor soluții optime* (anexa 1). I.C.H. București

BARBU N. (1976) - *Obcinele Bucovinei.* Ed. Stiinț. și Enciclop., București

BARBU N., LUPASCU G., RUSU C., TODERITĂ Maria, BARBU Alexandrina (1981) - *Studiul solurilor din partea sudică a munților Stânișoara.* Lucr. seminar geogr. "D. Cantemir", nr. 2, Iași

BĂCĂUANU V. (1968) - *Câmpia Moldovei. Studiul geomorfologic.* Ed. Acad., București

BĂDĂRĂU Al.S., Crina PESTINA, SURDEANU V. (1997) - *The implication of the relief generated by massive landslide (glimee type) to the preservation of the some biotic relictual structures.* Abstract Book "Geography with the context of contemporary development". Cluj Napoca

BĂLAN S., CRISTESCU V., CORNEA L. - sub redacție - (1982) - *Cutremurul de pământ din România de la 4 martie 1977.*Ed.Acad., București

BĂLOIU V., IONESCU V. (1986) - *Apărarea terenurilor agricole împotriva eroziunii, alunecărilor și inundațiilor* . Ed.Ceres, București

BĂLTEANU D. (1983) - *Experimentul de teren în geomorfologie.* Ed. Acad., București

BĂLTEANU D., Mihaela DINU, CIOACĂ A. (1989) - *Hărtile de risc geomorfologic. (Exemplificări din Subcarpatii sl Podisul Getic).* SCGGG, s. geogr.,tom. XXXVI, București

BĂLTEANU D. (1997) - *Geomorphological hazard of Romania.* In vol. Geomorphological Hazards of Europe. Edited by C. Embleton and Christine Embleton-Hamann,Elsevier, Amsterdam-Lausanne-New York-Oxford-Shannon-Tokio

BCU IAȘI CENTRU UNIVERSITAR LIBRARY

BĂLTEANU D. (1977)- *Mass movements and climate in Romania.* In vol. Rapid mass movement as a source of climatic evidence for the Holocene. Edited by J.A.Matthews, D.Brundsen, B. Frenzel, Brigit Glaser & Mirjam M. Weis, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, Jena, Lubeck, Ulm.

BĂNCILĂ I. (1958) - *Geologia Carpaților Orientali.* Ed. Stiinț. București

BĂNCILĂ I. (1989) - *Geologia amenajărilor hidrotehnice.*Ed. Tehnică, București

BĂNCILĂ I. -sub redacție - (1980) - *Geologie inginerească*, Ed.Tehnică, București

BERAR U., IONESCU V., GIURMA I. (1983) - *Modele matematice pentru combaterea eroziunii solului.* Ed. Junimea, Iași

BERSIER A., WEIDEMANN M. (1971) - *Le glissement de terrain Cergnat-La-Frass.* Bull.lab. géol.min.,géophys. et du Mus. géol de l'Université de Lausanne, nr. 188

BIAREZ J., BOUCEK P., DESVARREUX P. (1971) - *Etude et surveillance d'une glissement de terrain.* Com.la a II-a Conf. de Geoteh. și Fundații, București

BLONDEAU F., PERROT A. (1976) - *Le versant experimental de Ville-Au-Val.* Bull. de Maisson, Lab.P. et Ch., nr.s II, mars

BLOOM A.L. (1970) - *Geomorphology a Systematic Analysis of late Cenozoic Landforms. Englewood Cliffs. New Jersey Hall Inc.,*

BOJOI I. (1962) - *Observații asupra proceselor geomorfologice actuale din regiunea lacului de acumulare de la Bicaz.* An.șt.Univ."Al.I. Cuza", tom.VIII, s.II b, Iași

BOJOI I. (1968) - *Processus géomorphologiques actuels dans la zone du lac de barrage Izvoru Muntelui sur la Bistritza (Carpates Orientales).* Trav. du Symp.Inter. de Géomorph.App., 1967

BOJOI I. (1968) - *Date asupra evoluției geomorfologice a țărmului și sedimentării din lacul Izvorul Muntelui.* Lucr.Staț. "Stejarul", vol.1, Pângărați

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BOJOI I., SURDEANU V. (1970) - *Considerații asupra reliefului din bazinul hidrografic al Tarcăului.* Lucr. Staț. "Stejarul", vol.2,Pângărați

BOJOI I. (1972-1973) - *Problema formării defileului Cuejdiului de la Piatra Neamț în legătură cu un fenomen de despletire a Bistriței.* Lucr.Staț."Stejarul", s. geol.-geogr.,vol. 5, Pângărați

BOJOI I., SURDEANU V. (1972-1973) - *Evoluția fenomenului de colmatare în zonele de* maximă *intensitate a sedimentării din lacul Izvoru Muntelui.* Lucr.Staț."Stejarul", s.geol.- geogr.,vol.*5,* Pângărați

BONNARD C. Editor (1988) - *Landslides.* Edit. A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield

BOSCAIU N., LUPSA Viorica,ICHIM I. (1976) - *Analiza sporo-polinică a sedimentelor din mlaștina Pângărăcior.* Stud. și cercet., Muz.St.Nat., vol.III, Piatra Neamț

BOUNQUIER L., DUBASQUE M. (1975) - *Region Chorges-Embrun (Hautes Alpes) - Carte ZERMOS.* Ed. B.R.G.M., Grenoble

BRABB E.E. (1977) - *The landslide hazard in the San Francisco Bay Region.* Water, Air and Soil Pollution, nr.7, Dordrecht Holand

BRABB E.E. (1981) - *Seismic zonation in the San Francisco Bay Region.* In vol. Social and Economic Impact of Earhquarkes ou utility Lifelines. Ed.Amer.Soc.of Civil Eng. New York

BRABB E.E. (1984) -*Innovative Approaches to Landslide Hazard and risk mapping.* Intern.Sympos. on Landslides, Toronto

BRABB E.E., Betty HARROD, Editors (1989) - *Landslides: Extent* and *Economic Significance.* Edit. A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield

BRÂNDUS C. (1981*)* - *Subcarpații Tazlăului. Studiu geomorfologic.* Ed. Acad., București

BRUGNER A., VALDINUCCI A. (1972) - *Schema di classificazione delle frane e relativi esempi.*Bol. del serv.geol. d'Italia, vol.XCIII

BCU "CAROL I" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BRUNDSEN D. (1979) -*Mass Movements.* In Progress in Geomorphology. Arnold, London

BUNZA G., KARL J. (1975) - *Erlaterunen zür hydrographishmorphologischen karte der Bayerischen Alpen - 1: 25000* .Munchen

BURDUJA C., GAVRILESCU G. (1970) - *Studiu floristic și fitocenologic al spațiului din jurul lacului de acumulare Bicaz. Cercetări floristice asupra versantului stâng între Dealul Gicovanu și Piciorul Malu (Hangu).* Lucr. Staț. "Stejarul", vol.2, Pângărați

CAMPY M., MACAIRE J.J. (1989) - *Géologie des formations superficielles.* Ed Masson, Paris,Milan, Barcelone, Mexico

CARRARA A., CATALANO E., REALI C., SORRISO-VALVO M. (1982) - *Computer-assisted tehniques for regional landslide evaluation.* Stud. geomorph. Carpatho-Balcanica, vol.XV, Krakow

CARRARA A., AGNESI V.,MACALUSO T., MONTELEONE S., PIPITONE G. (l986) - *Slope movements induced by the Southern Italy earthquake* of *November 1980.* In vol. "Engineering geology problems in seismic areas", published by Geologia Applicata e Idrogeologia, Bari, Italia

CARSON M.A., KIRKBY M.J. (1972) - *Hillslope Form and Process.* Univ. Press Cambridge

CASALE R., FANTECHI R., FLAGEOLLET J.C. (1994) - *Temporal Occurrence and forecasting landslides in the European Community. European Commission Science, Research, Developement,* Brussels

CHIRITA C. - sub redacție - (1981) - *Pădurile României.* Ed. Acad., București

CHORLEY R.J., SCHUMM S.A., SUGDEN D.E. (1984) - *Geomorphology.* Ed.Methuen, London, New York

CIAGLIC V., MIRON I., MUNTEANU D. (1962) - *Lacul de acumulare Izvoru Muntelui Bicaz - probleme hidrologice și biologice pe care le pune în etapa actuală* Rev. Natura, nr.6

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CIAGLIC V. (1968) - *Le régime thermique du lac de barage artificiel Izvoru Muntelui- Bicaz*, Lucr.Staț."Stejarul", nr.1,Pângărați

CIOACĂ A.,BĂLTEANU D., Mihaela DINU, Mihaela CONSTANTIN (1993) *Studiul unor cazuri de risc geomorfologic în Carpatii de la Curbură* .SCGGG, s. geogr.,tom XL, București

CIOACĂ A. (1996) -*Landslide in the Carpathian Curvature Paleogene Flysch. Particularities.*Geogr.Fis. e Dinam. Quatern., vol. 19,Torino,1997

CIOCIRDEL R., SOCOLESCU M., POPESCU M. (1972) - *Eléments pour la sismicité de la Roumanie.* RRGGG , s.géophys.,nr.16,1, București

COLAS G., PILOT G. (1976) - *Description et classification des glissement de terrain.* Bull.liaison, Lab.P. et Ch., nr.s, mars

CORBEL J. (1964) - *L'éréosion terrestre, etude quantitative.* Ann. de Géogr., nr.398, LXXIII

CORNEA I., DRAGOESCU I., POPESCU M., VISARION M. (1973) - *Harta mișcărilor crustale verticale recente pe teritoriul R.S.R.* SCGGG., s.geofiz., tom 17, nr.1, București

COTECCHIA V., MELIDORO G. (1974) - *Some principal geological aspect of the landslide of southern Italy.* Bull.Inter.Ass.Eng.Geol., nr.9, Krefeld

COTECCHIA V., Editor (1986) - *Engineering Geology Problems in Seismic Areas.*Published by Geol. Applic. e Idrogeolog., Bari

CROZIER M. J. (1986) - *Landslides: causes, consequences and environment:* Croom Helm, London

DALRYMPLE J.B., BLONG R.J., CONACHER A.J. (1968) - An *hypothetical unit landsurface model.* Z. für geomorph., Bd.12, Stuttgart

DANDESCU I. (1932-1933) - *Alunecările de straturi din muntele Cozla.* An. Liceului Petru Rareș, Piatra Neamț

DAUKSZA L., KOTARBA A. (1973) - *An analysis of the influence of fluvial erosion in the development of landslide slope (using the apllication of the theory).* Stud. geomorph. Carpatho-Balcanica, vol.VII, Krakow

BCU MAS / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

DEDKOV A.P., MOSZHERIN V.I., TCHASOVNIKOVA E.A. (1978) - *Field station of soil creep in the central Volgaland.Z.* für Geomorph., SB 29, Stuttgart

DERBYSHIRE E. - edited by - (1976) - *Geomorphology and climate.* Ed. John Wiley & Sons, London, New York, Sydney, Toronto

DIACONU C. - sub redacție - (1971) - *Râurile României - monografie hidrologică.* I.M.H. - București

DIKAU R., SCHROTT L. (1997) - *The temporal stability and activity in Europe with respect to climatic change (Teslec).*Geograf.Fisic. e Dinam. Quatern., sup. III, tom.1 Torino

DINU C. (1979) - *Studiul geologic al flișului cretacic din bazinul superior al văii Trotușului între Lunca de Jos, Răchitiș și Palanca.* Rez. teză de doctorat,București

DINU Mihaela (1996) - *The Relationship between Landslides and Slope Evolution in the Vâlcea Subcarpathians, Romania.* Geogr.Fis. e Dinam. Quatern., vol.19 Torino, 1997

DINU Mihaela & CIOACA A., (1996) - *Some Geomorphological Risk Factors in the Curvature Carpathians and Subcarpathians (Rumania).* Geogr.Fis.e Dinam. Quatern.,vol. 19, Torino 1997

DINU V., TEBEICA Al. (1961) - *Considerații asupra rolului hidrologic al pădurilor.* Meteor., Hidrolog. și Gosp. Apelor, nr.4, București

DONISĂ I., HĂRJOABĂ I. (1959) - *Observații geomorfologice asupra văii Bistriței între Bicaz și Piatra Neamț.* An.șt.Univ. "Al.I. Cuza", S.II b, vol.V, Iași

DONISĂ I. (1966) - *Procese de versant în valea Bistriței Moldovenești.* Stud.Univ. Babeș-Bolyai, s.geolog.-geogr., XII, Cluj-Napoca

DONISĂ I. (1968) - *Geomorfologia văii Bistriței.* Ed.Acad., București

DONISĂ I. (1977) - *Bazele teoretice și metodologice ale geografiei.* Ed.didactică și pedagogică, București

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

DONISĂ I., SURDEANU V., MIHAILESCU I.F., CARAUSU I., APOPEI V. (1979) - *Modificări geografice în sectorul mijlociu al văii Bistriței cauzate de amenajări hidrotehnice.* Lucr.Staț."Stejarul", s.geogr.-geol., vol.7,Pângărați

DRAGOMIRESCU S., GÎSTESCU P. (1960) - *Formarea prin baraj natural a lacului Betiș.* Prob.de geogr., vol.VII, București

DRAGOS V. (1957) - *Deplasări de teren.* Ed. Stiinț., București

DUDAS Venera, MUSAT I. (1979) - *Lacurile de acumulare de interes hidroenergetic și cerințele lor față de amenajarea bazinelor hidrografice torențiale.* Bul. inf. al ASAS., nr. 8, București

EDEN W.J., MITHEL R.J. (1973) - *Landslides in sensitive marin clay in easthern Canada.* Highway Research Record, nr.463, Ottawa

EDEN W.J. (1975) - *Mecanism of landslides in Leda clay with special reference to the Ottawa area.* Procced. 4th Guelph Sympes. on Geomorph. Univ. of Guelph

EDEN W.J. (1977) - *Evidence of creep in steep natural slopes of Camplain Sea Clay.* Canad. Geoteh. Jour., vol.14, nr.4

EGGESTAD A. (1978) - *A prehistoric landslide in the Grorund valley near Oslo.* Norsk. geogr. Tidsskr., vol.32, Oslo

EMBLETON C., BRUNDSEN D., JONES D.K.C. - editet by - (1978) - *Geomorphology. Present problems and future prospects.* Oxford University Press

FLAGEOLLET J.C. (1989) - *Les mouvements de terrain et leur prevention.* Ed. Masson, Paris,Milan, Barcelone, Mexico

FLOREA M.N. (1979) - *Alunecări de teren și taluze.* Ed.Tehnică, București

FROEHLICH W., KASZOWSKI L., STARKEL L. (1977) - *Studies of present day and past river activity in the Polish Carpathians.* In "River Channel Changes" edited by K.J. Gregory. Ed. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

FUSSGANGER E. (1977) - *Some remarks on the recent condition related to the development and prognosis of sliding movement in the flyschoid rocks of the west Carpathians.* Bull Int.Ass.Eng.Geol., nr.16, Krefeld

GÂȘTESCU P., CIAGLIC V. (1970) - *Variația lunară a conținutului de căldură în lacul Izvoru Muntelui.* Lucr. colocv. limnolog. fiz., București

GÂRBACEA V. (1964) - *Alunecările de teren de la Saschiz (Podișul Hârtibaciului),* Stud. Univ. Babeș-Bolyai, s. geol. - geograf., nr 1, tom.VIII, Cluj Napoca

GÂRBACEA V., GRECU Floarea (1981) -*Relieful de glimee din Podisul Transilvaniei și potentialul lui economic.* Mem. Sect. Stiint., ser.IV, tom.IV, nr.2, Edit. Acad., București

GÂRBACEA V. (1992) - *Harta glimeelor din Câmpia Transilvaniei.* Stud. Univ. Babeș-Bolyai, s. geogr.,vol.XXXVII, nr.1-2, Cluj Napoca

GÂRBACEA V. (1996) - *Remarque sur le relief de "glimee"en Roumanie.* Geogr.Fis. e Dinam. Quatern., vol. 19, Torino 1997

GIL E., GILOT E., KOTARBA A., STARKEL L., SZCZEPANEK K. (1974) - *An early Holocen landslide in the Niski Beskid and its significance for paleogeographical reconstruction.* Stud. geomorph. Carpatho-Balcanica, vol.VIII, Krakow

GIL E., KOTARBA A. (1977) - *Model of slide slope evolution in flysch mountains/An exemple drawn from Polish Carpathians/.* Rev. Catena; vol.4, nr.3,

GIURĂSCU C.C. (1975) - *Istoria pădurii românești din cele mai vechi timpuri până azi.* Ed. Ceres, București

GLADE T. (1997) - *Spatial and temporal occurrence of rainfall-triggered landslides in New Zealand.* Geogr.Fisic.e Dinam.Quatern.,sup.III, tom. 1, Torino

BCU MS CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

GRASU C., CATANA C., GRINEA D. (1981) - *Quelques considerations petrogenetiques sur les dysodiles oligocenes des Carpates Orientales Roumaines.* An.șt. Univ. "Al.I. Cuza", tom.XXVII, s.II b, Iași

GRASU C., CATANA C., BOBOS I. (1996) - *Petrografia formatiunilor din flișul intern carpatic.* Ed. Tehnică, București

GRECU Floarea (1992) -*Bazinul Hârtibaciului.Elemente de morfohidrografie.* Edit. Acad., București

GRIGORE M., POPESCU N. (1973) - *Legenda hărții proceselor geomorfologice actuale.* An. Univ. București, tom. XXII

GRIGORE M. (1979) - *Reprezentarea grafică și cartografică a formelor de relief.* Ed. Acad., București

GUERRICCHIO A., MELIDORO G. (1973) - *Segni premonitori e collassi delle grande frane nelle metamorfiti della Valle della Fiumara Buonamico (Aspremonte, Calabria).* Geol.App.e Idrogeol., vol.VIII, p.II

GUIDA M., IACCARINO G., VALLARIO A. (1977) - *Analisi geologico-tecnica della frana in localita Solaro-del comune di Formia (Latina).* Boll della Soc.Natur. Napoli, vol.LXXXVI

GOULD H.R. (1960) - *Erosion in the reservoir. In Comprehensive Survey of Sedimentation in lake Mead, 1948-1949.* Geol. Surv. Prof. Paper, 259, Washington

GODEFROY P., HUMBERT M. (1983) - *La cartographie des risques naturels liés aux mouvements de terrain et aux séismes-Application en France a l´élaboration des Plans d ´Expozition aux Risques (PER).* Hydrogéologie, géologie de l´inginiéur,nr. 2

GOVI M., SORZANA P.F., TREPEANO D. (1980) - *Landslide mapping as evidence extrem regional events.* Stud. geomorph. Carpatho - Balcanica, vol.XV, Krakow

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

HAYS W.W. - edited - (1981) - *Facing geologic and hydrologic hazard earthscience consideration.* Geol. surv. prof. paper 1240-B. Washington

HÂRJOABĂ I. (1968) - *Relieful colinelor Tutovei.* Ed. Acad., București

HUMBERT M. (1977) - *La cartographie en France des Zones exposées a des risque lies aux mouvements du sol.* Cartes ZERMOS. Bull. Int. Ass. Eng.Geol., nr.16, Krefeld

HUMBERT M., VOGT J., DELAUNAY J. (l983)- *Le fichier d´information sur les mouvements de terrain en France et ses applications.* Hydrogéologie - Géologie de l´inginéur, nr. 2

HUTCHINSON J.N. (1978) -. *A geotechnical classification of landslides Unpublished teaching hand out.* Imperial College, London

ICHIM. I., BORDEIANU C. (1970) - *Cu privire la stabilirea claselor de pante necesare alcătuirii hărții geodeclivităților la scară mare (1:25000) a munților flișului dintre valea Moldovei și valea Bistriței.* Stud. și cercet. de Geol., Geogr., Biol. și Muzeol., vol.1, Piatra Neamț

ICHIM I. (1972) -*Le rôle des processus de mouvement en masse dans le modelage des monts au flysch (Carpates Orientales).* Act. Geogr. Debrecina, tom.X, Debrecen

ICHIM I., SURDEANU V. (1972-1973) - *Harta alunecărilor de teren din valea Bistriței din sectorul Borca-Bicaz.* Lucr.Stat."Stejarul", s.geol.-geogr.,vol. 5, Pângărați

ICHIM I., APOPEI V., RADOANE Maria, RADOANA N., BULZAN P. (1976) *Ritmul colmatării în principalele zone de confluență ale lacului Izvoru Muntelui.* Anuar. Muz.șt.nat., s.geol.-geogr., III, Piatra Neamț

ICHIM I., RADOANE N., RADOANE Maria, (1977) - *Harta sedimentelor lacului Izvoru Muntelui.* Hidrobiologia, 15, Ed. Acad., București

ICHIM I. (1979) - *Munții Stânișoara. Studiu geomorfologic.* Ed.Acad., București

BUCHAREST CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ICHIM I., RADOANE Maria, SURDEANU V., RADOANE N.(1979) - *Lacul Izvoru Muntelui (Carpații Orientali) o influență antropică complexă în morfogeneză.* Lucr. Staț. "Stejarul", nr.7 s.geol.-geogr., Pângărați

ICHIM I., RADOANE N., RADOANE Maria, (1979) - *Elemente geomorfologice în evaluarea eroziunii și acumulării în bazine torențiale și amenajate din valea Bistriței.* Bul.inf. ASAS, nr.8, București

ICHIM I., RADOANE Maria, RADOANE N. (1979) - *Dinamica etajelor morfoclimatice din munții Rodnei în postglaciar.* Ocrot. nat. și med. înconj., tom.23, nr.2, București

ICHIM I. (1981) - *Formarea glacisurilor în România.* An.șt. Univ. "Al.I. Cuza", tom.XXVII, s.II b, geol./geogr., Iași

ICHIM I., SURDEANU V., RADOANE N. (1984) - *Landsliding, slope development and sediment in a temperate enviroment. Northeast Romania.* In vol. "Catchement Experiments in Fluvial Geomorfology". Ed. Geo-Books, Norwich

IELENICZ M. (1970) -*Zonele cu alunecări de teren din țara noastră.*Rev. Terra, XXII, nr.1,București

IELENICZ M. (1975) - *Morfodinamica actuală în munții din bazinul Buzăului.* Lucr. Staț. "Stejarul", s.geol.-geogr. , Pângărați

IELENICZ M. (1984) - *Munții Ciucaș-Buzău. Studiu geomorfologic.* Ed. Acad., București

IRIMUS I.A. (1996) -*La correlation des glissements de terrain avec les types de domes peripheriques dans le Bassin de Transylvanie.* Geogr.Fis. e Dinam. Quatern., vol. 19, Torino 1997

ISTRATE C. (1978) - *Rolul defrișărilor în agricultura zonei de munte a Moldovei.* Cercet. agronom. în Moldova, vol.3, Iași

JAKAB S. (1979)- *Aspecte ale modelarii versantilor in dealurile dintre Mureș și Tarnava Mare.*SCGGG, s. Geogr.,tom.XXVI, București

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

JAKAB S. (1983)- *Factorii favorizanti ai alunecărilor de teren din Dealurile Târnavelor.*Rev.Marissia, vol XI-XII, Stud.St.Nat., fasc.1, Târgu Mureș

JAMBU N. (1954) -*Stability Analysis of Slope with Dimensionness Parameters.* Harvard Soil Mecanics Series, no. 46, Cambridge

JONES F.O., EMBODY D.R., PETERSON W.L. (1961) - *Landslides along the Columbia River valley. Northeastern Washington.* Geol. Survey Prof. paper, nr.367, Washington

JULIAN M. (1978) - *Les risques naturel dans les vallées entroites des Alpes Maritimes.* Bull. Ass. Géogr.Franç., nr.453, Paris

KEEFER D.K., WEICZOREK G.F., HARP E.L., TUEL D.H. (1979) - *Preliminary assessement of seismically induced landslide susceptibility.* In "Progress on Seismic Zonation in the San Francisco Bay Region" (editor E.E. Brabb). Geol. Survey, Prof. Paper,807, Washington

KIENHOLZ H. (1977) - *Kombinierte geomorphologische gefahrenkarte 1:10000 von Grindelwald.* Catena, vol.3, Giessen

KIENHOLZ H. (1984) - *Landslides hazard assessment for landslide zonation.*In Mouvements du terrain,Documents du B.R.G.M., nr.83

KIRKBY M.J. (1967) - *Measurament and theory of soil creep.* Journal Geology, 24, July

KLIUKIN A.A. (1978) – *O vozraste opolznei v dolinah rorîva rec cerez cuestovîe Crîma.* Geomorfologhia, nr.2, Moskva

KOSTIN S.I., POKROVSKAIA T.V. (1964) - *Climatologie.* Ed. Stiinț., București

KOTARBA A. (1979) - *Altitudinal differentiation of mass movements in the Carpathians.* In vol. "Superficial mass-mouvements in mountain regions". Polish-Italian seminar. Poland, may 1979, Warsza

LARGAIOLLI T., MURARA G., NARDIN N., SPANGA V. (1975) - *Studio geotecnica della frana al km.20 della S.S. nr.43 della Val di Nou (Trtino).* Stud. Tretini di Sci.Nat., S.A., vol.52, nr.4, Trento

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

LEOPOLD L.B., WOLMAN M.G., MILLER J.P. (1964) - *Fluvial process in geomorphology.* San Francisco

LUPASCU G., BARBU Alexandrina, TODERITA Maria (1979) - *Solurile masivului Ceahlău.* An. șt. Univ. "Al.I. Cuza", s.II b, geol.-geogr., tom.XXV, Iași

LUPASCU G., RUSU C., BARBU N., TODERITA Maria (1981) - *Caracteristicile învelișului de sol de pe teritoriul comunelor Borca și Fărcașa - județul Neamț.* Lucr.semin.geogr."D.Cantemir, nr.2,Iași

MAC I. (1972) -*Subcarpații Transilvaniei dintre Mures si Olt.* Edit. Acad., București

MAC I. (1980) - *Modelarea diferențială și continuă a versanților din Depresiunea Transilvaniei.* Stud. Univ. Babeș-Bolyai, s. Geogr., nr.1, Cluj-Napoca

MAC I. (1994) - *Processes, Formations and Quaternary Morphoclimatic stage on the hilly regions of Romania.* R.R.G.G.G., s. Géogr., tom 38, București

MAC I., Mirela RAPEANU (1996) - *The Deep-Seted Landslides Correlated with the Presence of the Volcanic Tuffs in the Transylvanian Depression (Rumania).* Geogr.Fis. e Dinam. Quatern., vol. 19, Torino, 1997

MAC I. (1996) - *The Geomorphological Landscape of Derasion. A Model from Rumania.* Geogr. Fis. e Dinam.Quatern., vol. 19, Torino,1997

MAC I. (1997) - *Type of landslide from the Transylvanian Depression with differentiated effect on the morphology of the slope.* Stud. Univ.Babeș-Bolyai, s.Geogr., Cluj Napoca

MAC I., IRIMUS I.A. (1998) - *Structural and Lythological Premises in the Genesis of Landslides in the Transylvanian Basin.* Stud. Univ.Babeș-Bolyai, s. Geogr., Cluj-Napoca

BCU MAIN CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

MALATRAIT A.M., LETOURNEUR J., ANTOIN P. (1977) - *Essai de cartographie systematique des mouvemente de terrain dans les Alpes Françaises.* Bull. Inf.Ass. Eng.Geol., nr.16, Krefeld

MARTINIUC C. (1954) - *Geomorfologia tipurilor de pante din regiunea Bârladului (situația degradărilor de teren).* D. de S., Com. geol., vol.XXXVIII, 1950-1951, București

MARTINIUC C. (1954) - *Pantele deluviale. Contribuții la studiul degradărilor de teren.* Probl. de geogr., nr.1, București

MARTINIUC C., BĂCĂUANU V. (1961) - *Geomorfologia teritoriului G.A.C. Dumești (reg. Iași) și împrejurimilor sale.* An. șt. Univ. "Al.I. Cuza", s.II, tom.VII, f.1, Iași

MARTINIUC C. (1971) - *Legenda hărților geomorfologice detaliate.* Univ. "Al.I. Cuza", Iași

MARTINIUC C., BOJOI I., GRASU C., ICHIM I., APOPEI V., SURDEANU V. (1971) - *Caracterizarea condițiilor geohidromorfologice care influențează stabilitatea versanților lacului Izvoru Muntelui, din zona Hangu-Brădițel.* Lucr. Staț. "Stejarul",Pângărați

MASSON M. (1976) - *Influence des heritage periglaciaire sur l'instabilité des pantes naturelles . Aplication a la Normandie.* Bull. liaison, lab.P. et Ch., nr.S II, mars

MELIDORO G. (1971) - *Movimente franosi e zonizzazoine del bacino del Fiume Fortare.* Geol.App.e Idrogeol., vol.VI, Bari

MELOU M. (1968) - *Contribution a l'étude sedimentologique du Quaternaire Sud-Finisterien.* Thése Fac. des Sciences de Brest

MIHAILESCU I.F. (1975) - *Contribuții la cunoașterea regimului pluviometric din valea inferioară montană a Bistriței.* Lucr. Staț. "Stejarul", s.geol.-geogr., Pângărati

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

MIHAILESCU I.F. (1975) - *Contribuții la studiul climei și microclimei din zona lacurilor de acumulare de pe valea montană a Bistriței.* Rez. teză de doctorat, Iași

MIHAILESCU N.S. (1954) - *Geologie tehnică.* Ed. Tehnică., București

MIHAILESCU V. (1939) - *Pomiturile de teren și clasificarea lor.* Rev.Geogr. Rom., an.II, f. II-III, București

MIHAILESCU V. (1940) - *Cum s-a format Lacul Roșu.* Bul.Soc. Rom.Geogr., tom.LIX, București

MIHAILESCU V. (1968) - *Geografie teoretică.* Ed.Acad., București

MIRON I. -sub redacție - (1983) - *Lacul de acumulare Izvoru Muntelui-Bicaz.* Edit.Acad., București

MITCHEL R.J., EDEN W.J. (1972) - *Mesured movements of clay slopes in the Ottawa area.* Canad.Jour.Earth.Sci., vol.9, nr.8

MORARIU T., GÂRBACEA V. (1967) - *Processus d'évolution des versantes en Roumanie.* Trav.Simp.Inter.Géomorph., Liege-Louvain, 1966

MORARIU T., VELCEA Valeria (1971) - *Principii și metode de cercetare în geografia fizică.* Edit Acad., București

MORARIU T., MAC I. (1972) - *Procese predominante și accesorii în modelarea actuală a reliefului României.* Stud.Univ. Babeș-Bolyai, s.geogr., XVII, nr.2, Cluj-Napoca

MOTOC M., MUNTEANU. S, BALOIU V., STANESCU P., MIHAI G. (1975) *Eroziunea solului și metode de combatere.* Ed.Ceres, București

MOTOC M. (1982) -*Ritmul mediu de degradare erozională a solului în R.S. România.* Bul.Inf. ASAS, nr. 12, București

MOTOC M. (1984) - *Participarea proceselor de eroziune și a folosinței terenului la diferențierea transportului de aluviuni în suspensie pe râurile din România.* Bul.inf. ASAS,13, București

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

MUNTEANU S.A., TRACI C., CLINCIU I., LAZAR N., UNTARU E. (1991) - Amenajarea bazinelor hidrografiece torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice. *(vol I). Ed. Acad. București*

MUTIHAC V., IONESI L. (1974) - Geologia României. *Ed.Tehnică, București*

NASTASE G. (1937) - *"Centum monticuli" (suta de movile). Contribuția la studiul geografiei fizice și umane a alunecărilor de teren din bazinul Prutului mijlociu.* Lucr.Soc. "D. Cantemir", Iași

NEWMAN E.B., PARADIS A.R., BRABB E.E. (1978) - *Feasibility and cost of using a computer to prepare landslide susceptibility maps of the San Francisco Bay Region, California,* Geol.Sur.Prof.Paper, nr.1443,

NILSEN T.H., TAYLOR F.A., BRABB E.E. (1976) - *Recent landslide in Almeda Country, California (1940-1971): An estimate of economic losses and correlation with slope, rainfall, and ancient landslide deposits,* Geol.survey.prof. Paper, nr.1398, Washington

NILSEN T.H., BRABB E.E. (1977) - *Slope - stability studies inthe San Francisco Bay Region, California,* Eng.Geol., vol.III, Menlo Park

OKUNISHI K., IIDA T. (1981) - *Evolution of hillslope including landslipe.* Japan. Geomorph. Union, vol.2, nr.2

PACHOUD A. (1981) - *Influence de la disparition de l'activité agricole traditionnelle sur la stabilité des pantes en montagne.* Bull. liaison, Lab.P. et Ch., S X, ian.

PANIZZA M., PIACENTE S. (1978) - *Messa a punto concettuale par la realizzazione di una cartografia applicata alla "Stabilita del territorio".* Geof.fiz.dinam.Quat., 1

PANIZZA M., BETTELLI G., CARTON A., COLOMBETTI A., FAZZINI P., MONTI A., NORA E., PELLEGRINI M., PIACENTE S., SANDONI G.,SCAPRA S. (1980) - *Studio coordinato interdisciplinare sulla stabilita egli interventi di difess nell'area del Monte santa Giulia (Val Rossenna-Appennino Modenese).* At. dello Soc dei Natur. e Matem. di Modena, vol.C

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

PANIZZA M. (1984) -*La carte de la stabilite du territoire. Rapport de prezentation du Colloque.* In Mouvements de terrain, Documents du B.R.G.M. nr.83

PANIZZA M. (1991) - *Geomorphology and seismic risk.* Earth-Science Reviews, 31, Elsevier Science Publischers B.V., Amsterdam

PANIZZA M. (l995) - Introduction to a research methodology for Geomorphology and Environmental Impact Assessement. *In M.Marchetti, M.Panizza, M.Soldati & D.Barani (eds.), Geomorphology and Environmental Impact Assessement, Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria, 3, Milan*

PASEK J. (1975)- Landslides inventory. *Bull.Int.Ass.Eng.Geol., 12, Krefeld*

PASEK J., RYBAR J., SPUREK M. (1977) - Systematic registration of slope deformation in Czechoslovakia. *Bull.Int.Ass.Eng.Geol., 16, Krefeld*

PECSI M. (1971) - The main types of landslide. *Föld.Közl., nr.2-3, Budapesta*

PECSI M., JUHAS A. (1974) - *Kataster der rutschungegebeite in Ungarn und ihre kartographische darstellung.* Föld.Ert., XXIII, nr.2, Budapesta

PILOT G. (1970) - *Stabilité des talus routier.* Bull. liaison, Lab.P. et Ch., W.S.

PITTS J. (1983) - *The temporal and spatial development of Landslides in the Axmouth-Lyme Regis undercliffs. National Nature Reserve, Devon.* Earth Surface Processes and Landforms, vol.8

PLOEY, DE J. (1981) - *The ambivalent effecte of some factors of erosion:* Mém.Inst.géol. Univ. Louvain, tom.XXXI

POPA A., STOIAN G.,POPA Greta, OUATU O. (1984)- *Combaterea eroziunii solului pe terenurile arabile.* Ed. Ceres, București

POSEA Gr., POPESCU N. (1964) - *Harta morfologică generală.* Anal.Univ București, nr.1

POSEA Gr. (1969) - *Glissements, méandres et voies de communications dans la vallée de Buzău.* Trav.symp.géomorph.app., 1969, București

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

POSEA Gr., ILIE I., GRIGORE N., POPESCU N. (1970) - *Geomorfologie generală.* Ed. didact. și pedag., București

POSEA Gr., POPESCU N., IELENICZ M. (1974) - *Relieful României.* Ed.Științ. București

PULINOWA Z. Maria, PAWLAK W., WOROPAJEW E. (1977) - *A contribution to the problem of morphogenetical principles of landslide.* Bull.Int. Ass. Eng. Geol., 16, Krefeld

RACLARU P., ZANOSCHI V. (1968) - *Schița floristică și de vegetație asupra zonei inundabile și limitrofe a lacului de acumulare Bicaz înaintea formării sale.* Lucr.Stat. "Stejarul", 1, Pângărați

RADBRUCH - HALL DOROTHY, VARNES D.J. (1976) - *Landslides - causes and effect.* Bull.Inter.Ass.Eng.Geol., 14, Krefeld

RADBRUCH-HALL DOROTHY (1977) - *The systematic evaluation of landslide incidence and susceptibility in the United State.* Bull. Inter. Ass. Eng. Geol., 16, Krefeld

RADBRUCH - HALL DOROTHY,COLTON R.G., DAVIES W.E., LUCCHITTA I., SKIPP B.A., VARNES D.J. (1982) - *Landslides overview map of the conteminous United State.*Geol. survey Prof. Paper, 1183, Washington

RADOANE Maria (1975) - *Câteva observații asupra evoluției falezelor lacului Izvoru Muntelui.* Lucr.Stat. "Stejarul",vol.VI, Pângărați

RADOANE Maria, ICHIM I., FLOREA E., RADOANE N. (1979) - *Influența barajului Izvoru Muntelui asupra morfologiei albiei râului Bistrița în aval.* Lucr.Stat. "Stejarul", s.geol.-geogr., vol.VII, Pângărați

RADOANE Maria (1983) - *Relieful și procesele reliefogene din zona lacului debaraj Izvoru Muntelui de pe valea Bistriței Moldovenești.* Rez. teză de doctorat, Iași

RADOANE N. (1985) - *Considerații privind eroziunea pe drumurile forestiere din bazinul hidrografic Pângărați.* In vol. "Cercetări geomorfologice pentru îmbunătățiri funciare", București

BCU IASI BIBLIOTECA UNIVERSITARA LIBRARY

RAPP A. (1960) - *Recent development of mountain slopes in Kärkevagge and surroundings, Northern Scandinavia.* Geogr. An., vol.XLII, Uppsalla

RADULESCU N. AL. (1959) -*Răspândirea alunecărilor de teren în R.P.R.* Probl. de geogr.,tom. VI, București

ROSU Al. (1973) - Geografia fizică a României. Ed. didact. și pedag., București

RUSU C., SURDEANU V. (1997) - *Alunecările de teren din zona Masivului Rarău.* Abstarct Book "Geography with the context of contemporary development". Cluj Napoca

RYBAR J. (1977) - *Prediction of failures on water reservoir banks.* Bull. Int. Ass. Eng. Geol., 16, Krefeld

SCHEIDEGGER A. (1975) - *Physical aspects of natural catastrophes*, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York

SCHREIBER W. (1980) - *Harta riscului interventiilor antropice în peisajul geografic al Munților Harghita.* SCGGG, s. geogr.,tom. XXVII, nr.1, București

SCHUMM S.A., LICHTY R.W. (1965) - *Time, space and causality in geomorphology.* Am.J. of Sci., vol.263

SCHUSTER R.L., KRIZEK R.J. -editors - (1978) - *Landslides - Analysis and control.* Nat.Acad. of Sci., Washington D.C.

SELLI R., TREVISAN L. (1964) - *Caratteri e interpretazioni della frane del Vajont.* An.Mus.Geol. di Bologna, s.2, f.1, vol.XXXII

SIRCU I. (1962) - *Rolul alunecărilor de teren și prăbușirilor de mase de roci în formarea reliefului munților cristalini Rodnei.* An.șt.Univ. "Al.I. Cuza", s.II b, geol.- geogr., tom.VIII, Iași

SIRCU I. (1971) - *Geografia fizică a R.S. România.* Ed.didact. și pedag., București

SPUREK M. (1974) - Retrospection and prognosis of landslide calamities. *Casop. mineral. geol., 19, 2, Praha*

STANCIU N. (1981) - Probleme de ecologie forestieră. *Ed. Ceres, București*

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

STARKEL L. (1979) - *The role of water circulation in the transformation of flysch slopes by landslides.* In vol. "Superficial mass movement in mountain region". Polish-Italien seminar, Poland, may 1979, Warszawa

STOTZNER U. (1974) - *Ingineur geophysikaliche untersuchungen zur erkundung und überwachung von rutschugen und felsstürzon.* Z. für Geol. Acad. Verlag.,heft 3, Berlin

STRAHLER A. (1973) - *Geografie fizică.* Ed.Stiinț., București

SURDEANU V. (1975) - *Considerații asupra alunecărilor de teren din valea Bistriței în sectorul Bicaz-Piatra Neamț.* Lucr. Stat. "Stejarul",s.geol.-geogr. Pângărați

SURDEANU V. (1975) - *Considerații asupra alunecărilor de teren care afectează zona de țărm a lacului Izvoru Muntelui.* Lucr.Stat. "Stejarul", s.geol. - geogr., Pângărați

SURDEANU V. (1975) - *Dinamica alunecărilor de teren din zona lacului Izvoru Muntelui.* Lucr. Colocv. Nat. de geomorf. aplicată și cartare geomorf., Iași 1973

SURDEANU V. (1976) - *Le glissement de terrain de Ticoș.* Anuar. Muz. de șt. nat., s. geol.-geogr., III, Piatra Neamț

SURDEANU V., RADOANE N. (1976) - *Relation entre les plans de mouvement et les indices physiques des depôte de versant dans la zone du lac Izvoru Muntelui.* Anuar. Muz. șt. nat., s. geol.-geogr., III; Piatra Neamț

SURDEANU V. (1980) - *Recherches experimentales de terrain sur les glissements.* Stud.geomorph. Carpatho-Balcanica, vol.XV, Krakow

SURDEANU V., BORSARU I., BUF N. (1980) - *Dinamica de profunzime a alunecărilor de teren cu exemplificări din valea Bistriței Moldovenești (zona flișului).* SCGGG, s.geogr., tom.XXVII, București

SURDEANU V. (1981) - *Aspecte ale stabilității versanților din zona lacurilor de acumulare.* In vol. "Lacuri de baraj, ambianță naturală și construită", Cluj-Napoca

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

SURDEANU V., TODORAN G. (1981) - *Studiul dinamicii alunecărilor de teren prin măsurători topometrice. Implicații ale dinamicii în morfologia versanților.* An.șt. Univ. "Al.I. Cuza", tom.XXVII s.II b, Iași

SURDEANU V. (1982) - *Part of landslides in the filling process of the Izvoru Muntelui reservoir.* An.șt. Univ. "Al.I. Cuza", s.II b, geol.-geogr., Iași

SURDEANU V. (1982) - *Noi metode de studiu a alunecărilor de teren.* Lucr.Seminar. geografic "D. Cantemir", nr.2, Iași

SURDEANU (1984) - *Considerații asupra caracteristicilor fizice ale depozitelor deluviale (zona munților flișului).* Bul.șt. I.I.S Suceava, s.geogr., Suceava

SURDEANU V., HÂNCU G. (1984) - *Contribuții la evaluarea stabilității versanților prin prelucrarea pe calculator a parametrilor geomorfologici.* SCGGG, s.geogr., tom.XXXI, București

SURDEANU V. (1985) - *Considerații asupra inventarierii alunecărilor de teren în vederea întocmirii hărților de risc.* Lucr. Semin. geogr."D. Cantemir", nr.5, 1984, Iași

SURDEANU V., CATANA C. (1985) - *Evaluarea eroziunii pe versantul stâng al lacului de acumulare Izvoru Muntelui.* Lucr.Staț. "Stejarul",s.geol.-geogr.,Pângărați

SURDEANU V. (1986) - *Landslides and their rôles in reservoir silting.* Z für Geomorph.,s.B.58, Berlin, Stuttgart

SURDEANU V. (1987) - *Studiul alunecărilor de teren din valea mijlocie a Bistriței (zona munților flișului).* Teză doctorat,Iași

SURDEANU V. (1990)- *Sistemul geomorfologic al alunecărilor de teren.* Stud. Univ.Babeș-Bolyai,s.Geogr.,vol.2, tom XXXV, Cluj-Napoca

SURDEANU V., ICHIM I. (1991) - *Alunecări de teren din bazinele subcarpatice ale râurilor Râmnicu Sărat și Râmna ca surse de aluviuni.* Rev. Terra, nr. 2, București

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

SURDEANU V., Sanda ZEMIANSCHI (1991) - *Cyclicity and frequence of landslide in Romania.* In vol. "Time, frequence and dating in geomorphology", Tatransca Lomnica-Stara Lesna, Slovakia

SURDEANU V. (1992) - *Corelații între alunecările de teren și alte procese denudaționale.* Stud.univ.Babeș-Bolyai, tom. XXXVII, s. geogr., nr. 1-2, Cluj Napoca

SURDEANU V. (1994) -*Le risque naturel relatiff aux glissements de terrain dans les Carpates Orientales-la zone du flysch.* In vol. "Environment and Quality of Life in Central Europe: Problems of Transition".Edit. Albertina Icome, Praha

SURDEANU V. (1996) - *La repartition des glissements de terrain dans les Carpates Orientales (zone du flysch).*Geogr.Fis. e Dinamic. Quatern., vol. 19, Torino,1997

SURDEANU V. (1997) - *Studiul alunecărilor de teren/ The Study of Landslides.* Rev. de Geomorfologie, nr. 1, București

SURDEANU V., MAC I. (1997) - *Relations entre les processus de versant et la dynamique des aluvions.* Stud.Univ.Babeș-Bolyai, s. Geogr., XLII, nr.1-2, Cluj Napoca

SURDEANU V. (1997) - *Grands glissements de terrain dans l'espace montagneux de la Roumanie.* Sub tipar în Japonia

SZABO J. (1985) -*Landslide typology in hilly regions of northern Hungary.* In *Environmental and Dynamic Geomorphology,* editor M.Pecsi, Academiai Kiado, Budapest

SANDRU I., BOJOI I., SZWIZEWSKI C. (1960) - *Schimbări în repartiția centrelor de populație din valea Bistriței prin formarea lacului de acumulare al hidrocentralei "V.I. Lenin".* An.șt. Univ. "Al.I. Cuza", s.II b, tom.VI, f.4 - supliment, Iași

TEMPLE P.H., RAPP A. (1972) - *Landslides in the Mgeta Area, Western Uluguru Montains, Tanzania,* Geogr. An., vol.54 S.A., 3-4, Uppsala

BCU Cluj / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

TER STEPANIAN G. (1980) - *Creep on natural slopes and cuttings.* In vol. "Intern. Sympos. on Landslide", 2, ed.Sarita Prakashan Meerut, New Delhi

THORNBURY W.D. (1969) - *Principles of geomorphology.* John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto

TOPOR N. (1964) - *Ani ploioși și secetoși în Republica Populară Română.* I.M.H., București

TRACI C.(1985)- *Împădurirea terenurilor degradate.*Ed. Ceres, București

TRICART J. (1962) - *L'épiderme de la terre. Esquisse d'une géomorphologie appliquée.* Ed.Masson & Cie, Paris

TRICART J. (1971) - *Les études géomorphologiques pour la conservation des terres et des eaux.* Options Mediterr, nr.9

TRICART J. (1972) - *Normes pour l'etablissement de la carte géomorphologique détaillée de la France.* Mem. et Docum., an.1971, nr.S, vol.12

TRICART J. (1977) - *Précis de géomorphologie. Géomorphologie dynamique generale.* Ed.SEDES, Paris

TUBBS D.W., DUNNE T. (1977) - *Geologic hazarde in Seattle.* Field guide for Geol.Soc. of America, An. Meeting

TUFESCU V. (1966) - *Modelarea naturală a reliefului și eroziunea accelerată.* Ed.Acad., București

UJVARI I. (1972) - *Geografia apelor României.* Ed.Stiinț., București

UJVARI I., BUZ V. (1973) - *Perioadele caracteristice de supraumectare litologică, de regenerare apelor subterane și procesele gravitaționale de versant.* Stud. Univ. Babeș-Bolyai, s.geogr., f.2, Cluj Napoca

UNGUREANU Irina (1978) - *Hărți geomorfologice.* Ed.Junimea, Iași

UNTARU E. (1979) - *Contribuții la prevenirea alunecărilor de teren din bazinele hidrografice ale Milcovului și Câlnăului prin culturi forestiere de protecție.* Rez. teză de doctorat, București

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

URBANEK J. (1974) - *Geomorfologicky proces alebo koncepcie pohybu v geomorfologii.* Geogr. Casop., XXVII, nr.3, Praha

USSELMANN P. (1971) - *Relations entre divers facteurs et caractéristique mecaniques de formations superficielles meubles affectées par des mouvements de masse d'apres l'étude d'échantillons provenant de quelques versants français.* Rev. Géomorph. Dynam.,nr.2, XX

VALSAN G. (1945) - *Procese elementare de modelare a scoarței terestre.* București

VECCHIA O. (1978) - *A simple terrain index for stability of hill-sides or scarps.* In Large Ground Movements and Structures. John Wiley and Sons Ed.,London

VEDER C., HILBERT F. (1980) - *Electroosmotical stabilization of slopes.* In vol. "Intern. Sympos. on Landslides", 2. Ed. Sarita Prakashan Meerat, New Delhi

VENZO G.A. (1973) - *Proposta di classificazione pratica delle frane.* Stud. Trentini di Sci. Nat., S.A., vol.53, nr.5 A, Trento

VEYRET YVETTE –Coordonation (1998) – *L'érosion entre nature et société.* Ed. SEDES, Paris

VILLAIN J. (1981) - *Sur le rôle des structures géologiques dans les glissements de terrain.* Bull liaison, Lab.P. et Ch., S.X., janv.

VOIGHT B. (1973) - *The mechanism of retrogressive block-gliding, with emphasis on the evolution of the Turnagain Heights landslides, Anchorage, Alaska.*In "Gravity and Tectonica". Ed. John Wiley & Sons, London

VOGT J. (1977) - *Archives et géologie appliquée. Seismes, glissements, aboulements, erosion antropique.* Gazette des Archives., nr.98

XUE-CAI F., AN-NING G. (1986) - *The principal characteristic of earthquake landslide in China.*In vol. 'Engineering geology problems in seismic areas", published by Geologia Applicata e Idrogeologia, Bari, Italia

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ZAMFIRESCU F., COMSA R., MATEI L. (1985) -*Rocile argiloase în practica inginerească.* Ed. Tehnică., București

ZARUBA Q., MENCL V. (1974) - *Alunecările de teren și stabilizarea lor.* Ed. Tehnică București

ZIETARA T. (1974) - *Rolo osuwisk w modelowaniu Pogdrza Roznowskiego (Zachodnie Karpaty fliszowa).* Stud. geomorph. Carpatho-Balcanica. vol.VIII, Krakow

YAIR A., de PLOEY J. (1979) - *Field observation and laboratory experimente concerning the creep process of rock blocks in an and environment.* Catena, vol.6, Braunschweig

YATSU E. (1966) - *Rock control in geomorphology.* Ed. Sozosho, Tokio

YOUNG A. (1972) - *Slopes.* Ed. Oliver & Boyd, Ediburg

YUDHBIR (1980) - *Field studies relating to natural slopes and cuttings.* In vol. "Intern. Sympos. on Landslides", 2. Ed. Sarita Prakashan Meerut, New Delhi

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

" ..... lucrarea include esența preocupărilor privind alunecările de teren la nivel mondial, totul este trecut prin filtrul personal al autorului, ceea ce nu ar fi fost posibil fără o vastă experiență de cercetare în teren și, de asemenea, fără o concepție proprie, de practician și teoretician în problematica abordată"

(Virgil Gârbacea, 1998)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

UNIVERSITAS NAPOCENSIS ROMANIA PRESA UNIVERSITARĂ

I.S.B.N.-973-9354-65-3